DITTRICH
GELFAND
SCHEMMEL

Intern

HARDWARE
68000
Agnus
Denise
Paula
CIA

SCHNITTSTELLEN
Video
Audio
Centronics
Seriell
Floppy
Expansion
Tastatur

EXEC
Node
List
Library
Task
Exception
Trap
EXEC-Base
Reset

MULTITASKING
Priority
Memory
Devices
Resources
Task-Switching

DOS
Functions
I/O
Sector
Track
CLI
Boot-Block

DATA BECKER

inklusive
KICKSTART 1.3

AMIGA

Dittrich
Gelfand
Schemmel

Amiga Intern

DATA BECKER

4. unveränderte Auflage 1989

ISBN 3-89011-104-1

DATA BECKER GmbH
Merowingerstr. 30
4000 Düsseldorf

Text verarbeitet mit Word 4.0, Microsoft
Ausgedruckt mit Hewlett Packard LaserJet II
Druck und Verarbeitung Mohndruck, Gütersloh

Inhaltsverzeichnis

1. Die Hardware des Amiga

1.1 Einleitung

Der Amiga von Commodore bietet dem Anwender Möglichkeiten, von denen noch vor einigen Jahren bei Computern dieser Preisklasse niemand zu träumen gewagt hätte. Um diese Leistungen zu ermöglichen, arbeiten beim Amiga ein leistungsfähiges Betriebssystem und eine ausgeklügelte Hardware eng zusammen.

Ein Ziel der Entwickler dieses Computers war eine hohe Benutzerfreundlichkeit. Man wollte nach dem Vorbild eines Apple MacIntosh mit Hilfe der Maus und der Workbench als grafischer Benutzeroberfläche dem Anwender die Bedienung seines Computers erleichtern. Aber nicht nur dieser sollte leicht mit dem Gerät zurechtkommen, auch der Programmierer wurde entlastet. Für beinahe jede erdenkliche Aufgabe findet man im Betriebssystem eine passende Routine, die die direkte Programmierung der Hardware anscheinend überflüssig macht.

Aber eben doch nur anscheinend. Denn trotz all dieser komfortablen Routinen kommt man um die direkte Programmierung nicht immer herum, denn die Geschwindigkeit der Betriebssystemroutinen ist sehr viel niedriger, als man es vom Amiga erwarten würde. Der Grund dafür ist die Programmiersprache C, in der das Amiga-Betriebssystem größtenteils geschrieben wurde. Will man also schnelle und leistungsfähige Programme schreiben oder will man ganz einfach nur seinen Amiga besser kennenlernen, sollte man sich mit der Hardware beschäftigen. Das folgende Kapitel bietet dazu eine Beschreibung der Amiga-Hardware und der Programmierung der einzelnen Chips.

1.2 Die Komponenten des Amiga-Systems

Im wesentlichen besteht die Hardware des Amiga aus folgenden Bausteinen, egal ob es sich um einen A500, 1000 oder 2000 handelt:

- Der 68000er von Motorola als Mikroprozessor.
- Zwei Schnittstellenbausteine vom Typ 8250.

Wichtiger Hinweis: **Angaben zur Kickstart-Version 1.3 in diesem Buch beziehen sich auf die Version der Entwicklerkonferenz 1988 in Washington.**

- Drei Spezial-Chips von Commodore: Agnus, Denise und Paula.

Läßt man das RAM und die unumgänglichen Logikbausteine einmal außer acht, sind die sechs oben genannten Chips für alle Funktionen des Amiga verantwortlich.

Auch an Schnittstellen ist beim Amiga alles Nötige vorhanden:

- Paralleler Drucker-Port (Centronics).
- Serielle RS232-Schnittstelle.
- RGB-Monitoranschluß.
- Composite Video (nicht A2000).
- Stereo-Audioausgang.
- Anschlußbuchse für einen HF-Modulator.
- Commodore-eigener Tastaturanschluß.
- Anschluß für Floppylaufwerke (Shugart-Bus-kompatibel).
- Zwei identische Buchsen zum Anschluß verschiedener Eingabegeräte wie Maus, Joystick und Paddle.
- Anschluß für 256 KByte RAM-Erweiterung. Auf diesen Anschluß wird in diesem Buch nicht weiter eingegangen, da hier nur die Original RAM-Erweiterung zur Erweiterung von 256 auf 512 KByte angeschlossen werden kann. Beim A500 und A2000 sind diese 256 KByte schon von Anfang an eingebaut. Der A500 hat dafür einen Anschluß für eine RAM-Erweiterung um 512 KByte, der aber völlig anders geartet ist.
- Expansion-Port zum Anschluß von Systemerweiterungen aller Art. Dieser Anschluß liegt beim A500 und A1000 an der Gehäuseseite, beim A2000 ist er in Form mehrerer Steckplätze ins Geräteinnere verlegt worden.

Um die Zusammenarbeit aller Bausteine im Amiga zu verstehen, muß erst einmal die Funktion der einzelnen Chips geklärt werden.

1.2.1 Der 68000er-Prozessor

Der 68000 von Motorola ist unumstritten einer der leistungsfähigsten 16-Bit-Prozessoren. Obwohl er schon seit 1979 auf dem Markt ist, findet man ihn erst seit kurzem in Computern der Preisklasse eines Amiga.

Natürlich kann hier keine ausführliche Beschreibung des 68000 erwartet werden, denn dies würde den Rahmen dieses Buches sprengen. Wer mehr über die Programmierung des 68000 wissen möchte, sei an die entsprechende Fachliteratur verwiesen. An dieser Stelle soll lediglich die Pinbelegung und eine kurze Beschreibung der einzelnen Signalgruppen stehen, da viele Bücher über die Programmierung des 68000 zwar eine gute Einführung in die Softwareseite bieten, aber kaum etwas über die Hardware sagen. Eine grundlegende Kenntnis der Signale des 68000 ist aber für das Verständnis der Amiga-Hardware unumgänglich.

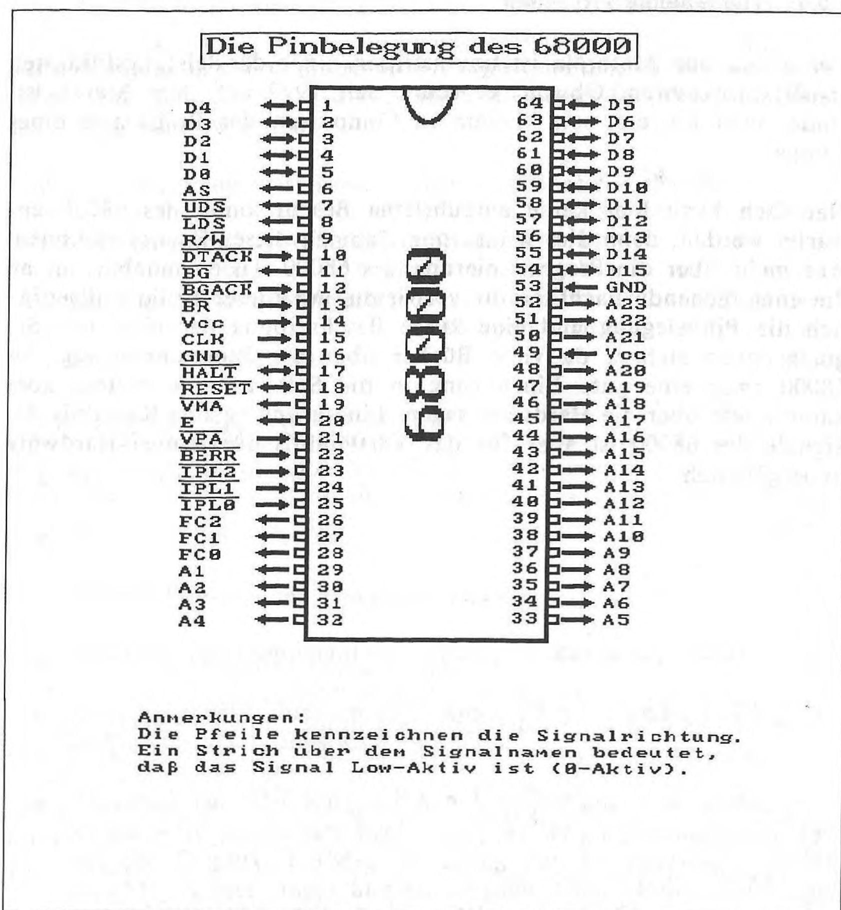


Abb. 1.2.1.1

Man kann die Anschlüsse in folgende Funktionsgruppen aufteilen:

Die Stromversorgung: VCC und GND

Der 68000 arbeitet mit einer einfachen Versorgungsspannung von 5 Volt. Die Anschlüsse sind doppelt ausgelegt und zentral gelegen, um durch kurze Leitungswege im Gehäuse die Stromverluste minimal zu halten.

Der Takteingang: CLK

Der 68000 benötigt lediglich einen einfachen Takt. Die Frequenz hängt von der gewählten Prozessorversion ab. Im Amiga beträgt die Taktfrequenz für den Prozessor 7.16 MHz.

Der Datenbus: D0 - D15

Der Datenbus ist als 16-Bit-Bus ausgelegt und kann somit ein Wort (16 Bit) auf einmal übertragen. Beim Transfer einzelner Bytes (8 Bit) ist jeweils nur eine Hälfte der Leitungen an der Datenübertragung beteiligt. Entweder wird das Byte über die unteren 8 Bit oder über die oberen 8 Bit gelesen bzw. geschrieben.

Der Adreßbus: A1 - A23

Der Adreßbus kann mit seinen 23 Leitungen 8 Megaworte Speicher ansprechen (2^{23} entspricht 8 Megaworten oder 16 Megabytes). Da er kein A0 Adreß-Bit besitzt, kann er diesen Speicher nur wortweise adressieren.

Bussteuerleitungen im asynchronen Modus:
AS, R/W, UDS, LDS, DTACK

Der 68000 kann seine Speicherzugriffe grundsätzlich in zwei verschiedenen Modi ausführen. Im asynchronen Modus signalisiert der Prozessor mit AS (Adress-Strobe/Adresse gültig), daß eine gültige Adresse am Adreßbus anliegt. Gleichzeitig bestimmt er mit R/W (Read-Write/Lesen-Schreiben), ob ein Byte/Wort gelesen oder geschrieben werden soll. Die Wahl zwischen Wort oder Byte treffen die beiden Leitungen UDS und LDS (Upper-, Lower Data Strobe/Obere, Untere Datenbushälfte). Da der Speicher immer wortweise adressiert wird, überträgt der Prozessor bei einem Byte-Zugriff einfach nur die oberen oder die unteren 8 Bits des Datenbusses. Dies signalisiert er durch UDS und LDS. Bei einem Wortzugriff legt der 68000 beide Leitungen auf 0. Will er dagegen auf ein Byte zugreifen, legt er entweder UDS oder ODS auf 0, die andere Leitung bleibt 1.

Hat der Prozessor jetzt mit AS, R/W, UDS und LDS den von ihm gewünschten Zugriff signalisiert, wartet er, bis der Speicher ihm mitteilt, daß die gewünschten Daten bereit sind. Dazu verwendet dieser die Leitung DTACK, die er auf 0 legt, sobald er die Daten bereitgestellt hat. Schreibt der Prozessor Daten, teilt ihm der Speicher durch DTACK mit, daß er die Daten übernommen hat.

Im asynchronen Modus paßt sich der Prozessor also immer an die Geschwindigkeit des Speichers an. Die einzelnen Worte und Bytes liegen dann folgendermaßen im Speicher:

		Beteiligte Datenbusleitungen:	
		D8-15	D0-7
Adresse:		UDS=0	LDS=0
0	Wort 0	Byte 0	Byte 1
2	Wort 1	Byte 2	Byte 3
4	Wort 2	Byte 4	Byte 5
6	Wort 3	Byte 6	Byte 7
...	...	...	...

Bussteuersignale im synchronen Modus: E, VPA, VMA

Um den Sinn dieser Signale besser verstehen zu können, muß man die Situation zum Zeitpunkt der Markteinführung des 68000 kennen. Es waren damals keine eigenen Peripherie-Chips für den 68000 verfügbar. Die vorhandenen Chips von Motorola, die ja für die 6800-Serie (von der auch der 6502 abstammt) gedacht waren, konnten nicht ohne zusätzliche Schaltungen in die asynchrone Bussteuerung eingepaßt werden. Also versah man den 68000 bei Motorola noch mit einem synchronen Busmodus, wie man ihn von den 8-Bit-Prozessoren wie dem 6800 oder 6502 kennt.

An der Leitung E liegt dabei ständig ein durch den Faktor zehn geteilter Prozessortakt an, beim Amiga also 716 KHz, der den Peripherie-Chips als Takt dient. (Er wird mit dem Phi-2-Eingang der Peripherie-Chips verbunden.) Die Umschaltung von dem synchronen Modus in den asynchronen erfolgt über den Eingang VPA (Valid Periphial Adress/Gültige Peripherieadresse). Dieser Eingang muß von einem externen Adreßdecoder auf 0 gelegt werden, sobald dieser die Adresse eines Peripherie-Chips erkennt. Der Prozessor antwortet darauf, indem er die Leitung VMA (Valid Memory Adress/Gültige Speicheradresse) ebenfalls auf 0 legt. Das entsprechende Peripherie-Chip muß jetzt innerhalb eines Taktzyklus von E die Daten übernehmen bzw. bereitstellen. Danach verläßt der 68000 automatisch den synchronen Modus, bis das VPA Signal erneut aktiv wird.

Dies bedeutet also, daß ein Peripherie-Chip im synchronen Modus gezwungen ist, die Daten an einem bestimmten Zeitpunkt bereitzustellen bzw. zu übernehmen.

Die Steuersignale des Systems: RESET, HALT, BERR

Die wichtigste Aufgabe eines Reset-Signals ist das Zurücksetzen des Systems, so daß alle Systemkomponenten in einen verläßlichen Grundzustand versetzt werden und die weitere Programmausführung an einer festgelegten Adresse beginnt.

Um einen solchen Systemreset auszulösen, muß beim 68000 sowohl die HALT- als auch die RESET-Leitung auf 0 gelegt werden. Sobald diese Leitungen dann wieder auf 1 gehen, beginnt der 68000 mit der Programmausführung bei der Adresse, die er in der Speicheradresse 4 vorfindet.

Die Leitung RESET kann auch vom 68000 aus auf 0 gelegt werden, um das System zu initialisieren, ohne den Prozessorzustand zu verändern.

Mit der BERR-Leitung (Bus-Error/Bus-Fehler) kann eine externe Überwachungsschaltung dem Prozessor mitteilen, daß irgend etwas nicht in Ordnung ist. Ein Grund für einen Bus-Fehler kann z.B. ein Hardware-Defekt oder ein Zugriff des Prozessors auf eine nicht existierende Adresse sein.

Tritt ein BERR-Signal auf, springt der 68000 in eine spezielle Routine des Betriebssystems, die dann die weitere Fehlerbehandlung übernimmt (Guru-Meditation läßt grüßen!). Tritt während dieser Fehlerbehandlung ein erneuter Bus-Fehler auf, hält der 68000 jede Programmausführung an und legt HALT auf 0. Dieser sogenannte doppelte Bus-Fehler ist übrigens der einzige Fall, in dem der 68000 abstürzt, d.h. jegliche Programmausführung einstellt. Bei sämtlichen anderen Fehlern springt er über spezielle Vektoren in Programmroutinen, die dann die Fehlerbehandlung übernehmen können und eine Weiterarbeit des Systems ermöglichen. Beim Amiga hat man hier im Betriebssystem etwas gespart. (Man beachte die Häufigkeit der Guru-Meditationen, die sich beim Amiga getreu Murphy's Gesetz verhalten: Ein Computer stürzt immer genau dann ab, wenn man wichtige Daten bearbeitet, die man noch nicht gespeichert hat.)

Hat der Prozessor die Programmausführung auf Grund eines doppelten Bus-Fehlers angehalten, kann er nur mittels einem Reset wieder gestartet werden (HALT und RESET auf 0).

Eine weitere Funktion der HALT-Leitung ist ein Stopp des Prozessors. Legt man HALT auf 0, beendet der 68000 noch den aktuellen

Speicherzugriff und wartet dann, bis HALT wieder auf 1 zurückgesetzt wird.

Es gibt noch einige weitere Details im Zusammenspiel von BERR und HALT, die hier nicht weiter erwähnt werden sollen, da sie im Amiga ohne Belang sind.

Der Betriebszustand des Prozessors: FC0, FC1, FC2
Die Leitungen FC0 - FC2 signalisieren den Betriebszustand des Prozessors. Folgende Zustände sind möglich:

FC2	FC1	FC0	Zustand:
0	0	1	Zugriff auf Anwender-Daten
0	1	0	Zugriff auf Anwender-Programm
1	0	1	Zugriff auf Supervisor-Daten
1	1	0	Zugriff auf Supervisor-Programm
1	1	1	Signalisierung eines gültigen Interrupts

Der Prozessor kann grundsätzlich in zwei verschiedenen Modi betrieben werden, nämlich im Anwender-Modus und im Supervisor-Modus (Überwacher-Modus). Ein Programm, das im Supervisor-Modus läuft, hat uneingeschränkten Zugriff auf sämtliche Prozessorregister. Das Betriebssystem arbeitet z.B. immer im Supervisor-Modus.

Im Anwender-Modus sind bestimmte Register des Prozessors für das Programm gesperrt. Genaueres darüber finden Sie in der Fachliteratur zum 68000.

Die drei FCx Leitungen erlauben es also der Systemhardware, den aktuellen Zustand des Prozessors zu erkennen und möglicherweise darauf zu reagieren. So kann zum Beispiel im Anwender-Modus beim Zugriff auf Speicherbereiche des Betriebssystems ein Bus-Fehler (BERR = 0) erzeugt werden.

Die Unterbrechungseingänge (Interrupt-Eingänge): IPL0, IPL1, IPL2
Die Signale an den drei Interrupt-Eingängen (IPL = Interrupt Pending Level) werden vom 68000 als eine 3-Bit-Binärzahl interpretiert. Der 68000 kann also acht verschiedene Interrupt-Signale, die sogenannten Interrupt-Ebenen, unterscheiden, wobei eine 0 bedeutet, daß kein Interrupt anliegt, während eine 7 einen Interrupt höchster Priorität signalisiert. Jeder der sieben Interrupt-Ebenen ist ein eigener Interrupt-Vektor zugewiesen, der die Adresse der Routine enthält, in die bei einem Interrupt verzweigt wird.

Ist ein Interrupt der entsprechenden Ebene erlaubt, legt der Prozessor alle FCx-Leitungen auf 1 und signalisiert damit, daß er einen Interrupt erkannt hat und jetzt auf eine Bestätigung von Seiten des Verursachers wartet. Sie kann durch VPA oder DTACK erfolgen. Bei einer Bestätigung durch VPA erfolgt eine sogenannte autovektorielle Unterbrechung, d.h. der Prozessor springt an die Adresse, die er in dem der Interrupt-Ebene zugewiesenen Vektor findet. D.h. es können sieben verschiedene Adressen angesprungen werden, da es sieben gültige Interrupt-Ebenen gibt (Ebene 0 bedeutet ja, daß kein Interrupt vorliegt).

Gibt es nur sieben verschiedene Interrupt-Quellen im System, braucht also keine softwaremäßige Trennung der einzelnen Quellen mehr vorgenommen werden. Man ordnet einfach jeder Interrupt-Ebene eine Interrupt-Quelle zu, und der Prozessor springt dann in das entsprechende Programm. Der Amiga verwendet nur diese autovektorielle Unterbrechungen.

Noch mehr Möglichkeiten zur hardwaremäßigen Trennung von verschiedenen Interrupt-Quellen bietet die sogenannte nicht-autovektorielle Unterbrechung. Da sie im Amiga nicht verwendet wird, soll auch nicht weiter darauf eingegangen werden. Es sei nur soviel gesagt, daß bei einer nicht-autovektoriellen Unterbrechung die Bestätigung durch DTACK erfolgen muß und der Baustein, der den Interrupt ausgelöst hat, einen Interrupt-Vektor auf den Datenbus legen kann, der dann eine hardwaremäßige Unterscheidung von bis zu 192 verschiedenen Interrupt-Vektoren erlaubt.

Signale für die Buszuweisung: BR, BG, BGACK

Diese drei Signale erlauben es einem anderen Chip den Bus zu übernehmen. Dies kann zum Beispiel bei einem Harddisk-Controller der Fall sein, der dann die Daten von der Festplatte direkt in den Speicher schreibt (sogenannter DMA = Direct Memory Access/Direkter Speicherzugriff).

Auch diese Signale sind im Amiga nicht benutzt, hier wird der DMA auf eine andere Weise realisiert, die am Ende dieses Kapitels noch näher beschrieben wird.

1.2.2 Das CIA 8520

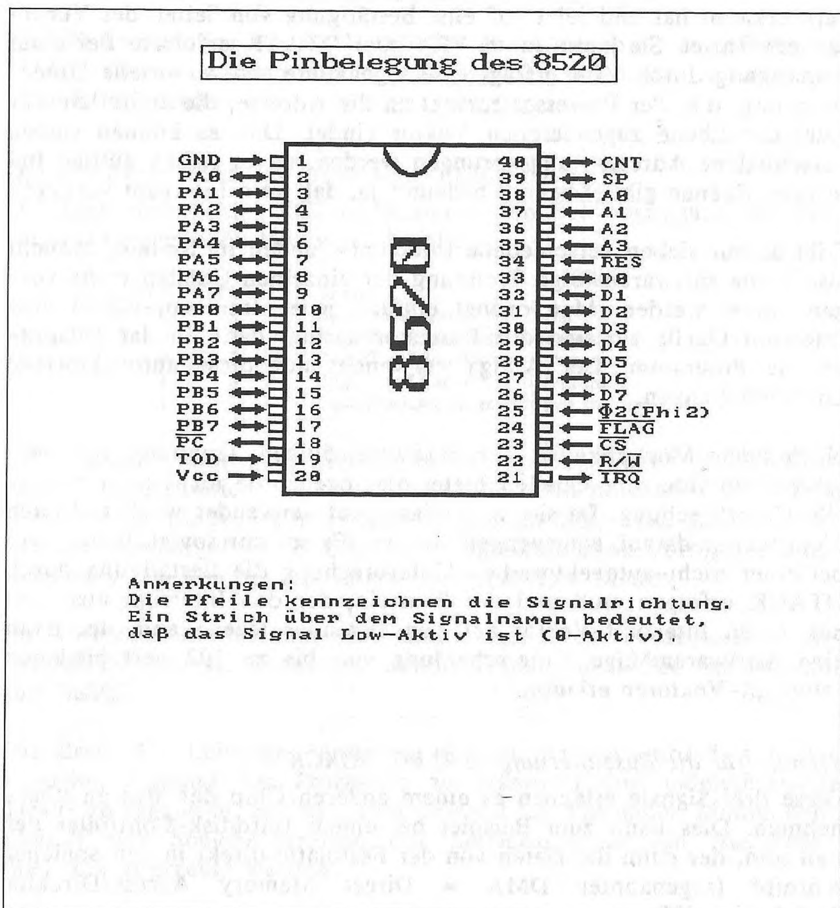


Abb. 1.2.2.1

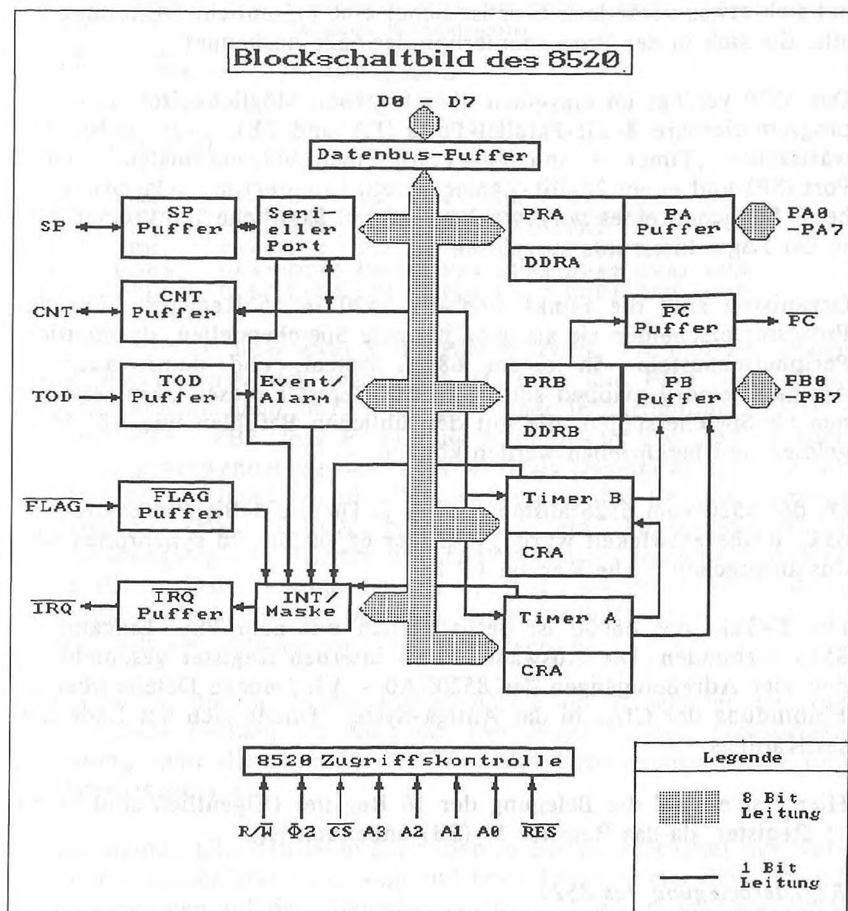


Abb. 1.2.2.2

Der 8520 ist ein Peripheriebaustein vom Typ eines sogenannten Complex Interfece Adapters (CIA), was soviel wie vielseitiger Schnittstellenbaustein bedeutet. Dies heißt, daß die Entwickler des 8520 versucht haben, möglichst viele Funktionen in einem Chip unterzubringen. Betrachtet man den 8520 genauer, fällt einem sofort eine große Ähnlichkeit mit einem alten Bekannten auf. Der 8520 gleicht nämlich dem 6526, der im C64 seine Dienste versah, fast wie ein Ei dem anderen. Lediglich die Funktionsweise der Register 8 bis 11 ($8 bis $B)

hat sich etwas verändert. Dies ist sicher eine erfreuliche Mitteilung für alle, die sich in der Programmierung des 6526 auskennen.

Der 8520 verfügt im einzelnen über folgende Möglichkeiten: zwei frei programmierbare 8-Bit-Parallel-Ports (PA und PB), zwei 16-Bit-Abwärtszähler (Timer A und Timer B), einen bidirektionalen seriellen Port (SP) und einen 24-Bit-Zähler (Event Counter) mit Alarmfunktion beim Erreichen eines vorgewählten Wertes. Sämtliche Funktionen sind in der Lage, Interrupts auszulösen.

Organisiert sind die Funktionen des 8520 in 16 Registern. Für den Prozessor erscheinen sie als ganz normale Speicherstellen, da sämtliche Peripheriebausteine in einem 68000-System, und damit auch im Amiga, memory mapped sind, d.h. die Register dieser Chips erscheinen als Speicherstellen, die mit den üblichen Befehlen wie z.B. Move gelesen und beschrieben werden können.

Da der 8520 vom 6526 abstammt, der ja für die 8-Bit-Prozessoren der 65xx Reihe entwickelt wurde, muß der 68000 ihn im synchronen Modus ansprechen (siehe Kapitel 1.2.1).

Der E-Takt des 68000 ist deshalb auch mit dem Phi2-Eingang des 8520 verbunden. Die Auswahl der 16 internen Register geschieht mit den vier Adreßeingängen des 8520: A0 - A3. Genaue Details über die Einbindung der CIAs in das Amiga-System finden sich am Ende dieses Kapitels.

Hier erst einmal die Belegung der 16 Register (Eigentlich sind es nur 15 Register, da das Register 11 ($B) unbenutzt ist):

Registerbelegung des 8520

Register		Name	Funktion
0	0	PRA	Datenregister für Port A
1	1	PRB	Datenregister für Port B
2	2	DDRA	Datenrichtungsregister für Port A
3	3	DDRB	Datenrichtungsregister für Port B
4	4	TALO	Timer A Untere 8 Bit
5	5	TAHI	Timer A Obere 8 Bit
6	6	TBLO	Timer B Untere 8 Bit
7	7	TBHI	Timer B Obere 8 Bit
8	8	Event Lo	Zähler Bits 0-7
9	9	E. 8-15	Zähler Bits 8-15
10	A	Event Hi	Zähler Bits 16-23
11	B	---	Unbenutzt

12	C	SP	Datenregister des seriellen Ports
13	D	ICR	Interrupt-Kontrollregister
14	E	CRA	Kontrollregister A
15	F	CRB	Kontrollregister B

Die Parallel-Ports

Register	Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	PRA	PA7	PA6	PA5	PA4	PA3	PA2	PA1	PA0
1	PRB	PB7	PB6	PB5	PB4	PB3	PB2	PB1	PB0
2	DDRA	DPA7	DPA6	DPA5	DPA4	DPA3	DPA2	DPA1	DPA0
3	DDRB	DPB7	DPB6	DPB5	DPB4	DPB3	DPB2	DPB1	DPB0

Der 8520 verfügt über zwei 8-Bit-Parallel-Ports, PA und PB, denen jeweils ein Datenregister zugeordnet ist, PRA und PRB (Port Register). Dementsprechend verfügt das Chip über 16 Portleitungen, PA0 - PA7 und PB0 - PB7. Jede Portleitung kann sowohl als Ein- als auch als Ausgang verwendet werden. Dies wird als Datenrichtung bezeichnet. Der 8520 erlaubt es, die Datenrichtung jeder Leitung getrennt einzustellen. Dazu besitzt jeder Port ein korrespondierendes Datenrichtungsregister, DDRA und DDRB (Data Direction Register). Ist ein Bit im Datenrichtungsregister 0, ist die entsprechende Leitung als Eingang geschaltet. Ihr Zustand kann durch Lesen des entsprechenden Bits des Datenregisters abgefragt werden.

Setzt man ein Bit im Datenrichtungsregister auf 1, schaltet man die entsprechende Leitung als Ausgang. Der Pegel an der zugehörigen Portleitung stellt dann direkt den Wert des korrespondierenden Bits des Datenregisters dar.

Im allgemeinen gilt, daß beim Schreiben in das Datenregister der Wert dort immer gespeichert wird, während beim Lesen immer der Zustand der Portleitungen auf dem Datenbus erscheint. Die Bits im Datenrichtungsregister bestimmen, ob der Wert des Datenregisters auf die Portleitungen geschaltet wird. Deshalb erhält man beim Lesen eines Ports, der als Ausgang geschaltet ist, den Inhalt des Datenregisters, während beim Schreiben in einen Eingangs-Port der Wert im Datenregister gespeichert wird, aber erst auf den Portleitungen erscheint, wenn man auf Ausgabe umschaltet.

Um die Datenübertragung mittels der Parallel-Ports zu vereinfachen, besitzt jeder 8520 zwei Handshake-Leitungen, PC und FLAG.

Der PC-Ausgang geht bei jedem Zugriff auf das Datenregister B (PRB, Reg. 1) für einen Taktzyklus auf 0. Der Eingang FLAG hinge-

gen reagiert auf solche negativen Flanken. Jedesmal wenn der Zustand an der FLAG-Leitung von 1 auf 0 wechselt, wird im Interrupt-Kontrollregister (ICR, Reg. $D) das FLAG-Bit gesetzt. Mit diesen beiden Leitungen kann somit auf einfache Weise ein Handshake realisiert werden, indem man die FLAG- und PC-Leitungen zweier CIAs wechselseitig miteinander verbindet.

Der Sender braucht lediglich seine Daten in das Portregister zu schreiben und vor jedem weiteren Byte auf ein FLAG-Signal warten. Da FLAG einen Interrupt auslösen kann, hat der Sender sogar die Möglichkeit, sich in den Wartepausen anderen Aufgaben zuzuwenden. Für den Empfänger gilt genau dasselbe, nur liest er die Daten vom Port, statt sie auszugeben.

Die Abwärtszähler/Timer:

Lesezugriff (Read):

Register	Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
4	TALO	TAL7	TAL6	TAL5	TAL4	TAL3	TAL2	TAL1	TAL0
5	TAHI	TAH7	TAH6	TAH5	TAH4	TAH3	TAH2	TAH1	TAH0
6	TBLO	TBL7	TBL6	TBL5	TBL4	TBL3	TBL2	TBL1	TBL0
7	TBHI	TBH7	TBH6	TBH5	TBH4	TBH3	TBH2	TBH1	TBH0

Schreibzugriff (Write):

Register	Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
4	PALO	PAL7	PAL6	PAL5	PAL4	PAL3	PAL2	PAL1	PAL0
5	PAHI	PAH7	PAH6	PAH5	PAH4	PAH3	PAH2	PAH1	PAH0
6	PBLO	PBL7	PBL6	PBL5	PBL4	PBL3	PBL2	PBL1	PBL0
7	PBHI	PBH7	PBH6	PBH5	PBH4	PBH3	PBH2	PBH1	PBH0

Der 8520 verfügt über zwei 16-Bit-Abwärtszähler (Timer). Diese Timer sind in der Lage, von einem voreingestellten Wert aus bis auf Null herunterzuzählen. Dabei sind eine Vielzahl verschiedener Modi möglich, die mit Hilfe eines Kontrollregisters gewählt werden können. Es existiert dabei für jeden Timer ein eigenes Kontrollregister (CRA und CRB).

Jeder Timer besteht intern aus vier Registern (für Timer A: TALO+TAHI und PALO+PAHI) oder zwei Registerpaaren, da je ein Low- und High-Register zusammen den 16-Bit-Zählerwert bilden. Beide Registerpaare liegen an der selben Adresse, aber das eine kann nur gelesen und das andere nur beschrieben werden. Bei einem Schreibzugriff auf eines der Timer-Register wird der Wert in einem

Latch gespeichert. Dieser Wert wird in das Zählregister geladen und heruntergezählt, bis der Zähler einen Unterlauf, d.h. Null, erreicht hat. Danach wird der Wert aus dem Latch erneut in das Zählregister geladen.

Liest man eines der Timerregister, erhält man den aktuellen Stand des Zählregisters. Um hierbei einen korrekten Wert zu erhalten, muß allerdings der Zähler angehalten werden.

Warum, zeigt folgendes Beispiel:

- Zählerstand: $0100
- Ein Lesezugriff auf das Register 5 ergibt das High-Byte des aktuellen Zählerstands: $01.
- Bevor das Low-Byte (Reg. 4) gelesen werden kann, taucht ein Zählimpuls auf und erniedrigt den Zähler: Stand jetzt $00FF.
- Das Low-Byte wird gelesen: $FF.
- Gelesener Zählerstand also: $01FF!
- Statt den Zähler anzuhalten, was ja auch Fehler verursacht, da jetzt Zählimpulse übergangen werden, kann man auch folgende elegantere Methode anwenden: Man liest das High-Byte, dann das Low-Byte, anschließend noch einmal das High-Byte. Ergibt der Vergleich beider gelesener High-Bytes Übereinstimmung, ist der gelesene Wert korrekt. Fällt der Vergleich dagegen negativ aus, muß der Vorgang wiederholt werden.
- Welche Signale den Zähler erniedrigen, bestimmen für Timer A Bit 5 und für Timer B die Bits 5 und 6 des jeweiligen Kontrollregisters.

Bei Timer A sind nur zwei Quellen möglich:

1. Timer A wird mit jedem Taktzyklus erniedrigt, da die CIAs im Amiga am E-Takt des Prozessors hängen, beträgt die Zählfrequenz 716 Khz (INMODE = 0).
2. Jeder High-Impuls auf der CNT-Leitung erniedrigt den Zähler (INMODE = 1).

Für Timer B gibt es vier Eingangsmodi:

1. Taktzyklen (INMODE-Bits = 00 (Binärdarstellung, erste Ziffer steht für Bit 6, die zweite für Bit 5).
2. CNT-Impulse (INMODE-Bits = 01).

3. Unterläufe von Timer A, damit kann man beide Timer zu einem 32-Bit-Timer kombinieren (INMODE-Bits = 10).
4. Unterläufe von Timer A wenn die CNT-Leitung gleichzeitig High ist. Damit kann man die Länge eines Impulses an der CNT-Leitung messen (INMODE-Bits = 11).

Die Unterläufe eines Zählers werden im Interrupt-Kontrollregister (ICR) registriert. Bei einem Unterlauf von Timer A wird das TA-Bit (Bit-Nr. 0) gesetzt, bei Timer B entsprechend TB (Bit-Nr. 1). Diese Bits bleiben, wie alle Bits im ICR, gesetzt, bis das ICR gelesen wird. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Unterläufe der Timer auf dem Parallel-Port B auszugeben. Wird das PBon-Bit im Kontrollregister des jeweiligen Zählers (CRA oder CRB) gesetzt, erscheint jeder Unterlauf auf der entsprechenden Portleitung (PB 6 fÜr Timer A und PB 7 für Timer B).

Mit dem OUTMODE-Bit kann man zwischen zwei verschiedenen Ausgabearten wählen:

OUTMODE = 0 *Pulse-Mode*

Jeder Unterlauf wird als positiver Impuls von einem Taktzyklus Länge an der entsprechenden Portleitung ausgegeben.

OUTMODE = 1 *Toggle-Mode*

Bei jedem Unterlauf wechselt die entsprechende Port-Leitung von Low nach High oder von High nach Low. Beim Start des Timers beginnt die Ausgabe mit High.

Gestartet und gestoppt wird der Timer vom START-Bit des Kontrollregisters. START = 0 hält den Zähler an, START = 1 startet ihn.

Mit dem RUNMODE-Bit kann man zwischen dem One-shot-Mode und dem Continuous-Mode wählen. Im One-shot Mode hält der Timer nach jedem Unterlauf an und setzt das START-Bit auf 0 zurück. Im Continuous-Mode beginnt der Zähler nach jedem Unterlauf wieder beim Startwert.

Wie schon erwähnt, wird beim Schreiben in ein Timer-Register der Wert nicht direkt in das Zählregister, sondern in ein Latch geschrieben (auch Vorteiler (Prescaler) genannt, da die Anzahl der Unterläufe pro Sekunde gleich der Zählfrequenz geteilt durch den Wert im Vorteiler

ist). Um eine Übertragung des Werts vom Latch in den Zähler zu erreichen, gibt es folgende Möglichkeiten:

1. Setzen des LOAD-Bits im Kontrollregister. Dies bewirkt ein sog. Force-Load, d.h. unabhängig vom Zählerzustand wird der Wert des Latchs in den Zähler übertragen. Das LOAD-Bit ist ein sogenanntes Strobe-Bit. Das bedeutet, daß das Bit nicht gespeichert wird, sondern nur einen einmaligen Vorgang auslöst. Um danach erneut ein Force-Load zu bewirken, muß noch einmal eine 1 in das LOAD-Bit geschrieben werden.
2. Bei jedem Unterlauf des Timers wird das Latch automatisch in den Zähler übertragen.
3. Nach einem Schreibzugriff auf das Timer High-Register bei stehendem Zähler (Stop = 0) wird er ebenfalls automatisch mit dem Wert des Latchs geladen. Aus diesem Grund sollte man die Reihenfolge immer einhalten: Erst Low-, dann High-Byte.

Belegung der Bits des Kontrollregisters A:

Register Nr. 14/$E Name: CRA

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
nicht verwendet	SPMODE 0=Eing. 1=Ausg.	INMODE 0=Takt 1=CNT	LOAD 1=force load (strobe)	RUNMODE 0=cont. 1=one-shot	OUTMODE 0=pulse 1=toggle	PBon 0=PB6aus 1=PB6an	START 0=aus 1=an

Belegung der Bits des Kontrollregisters B:

Register Nr. 15/$F Name: CRB

D7	D6+D5	D4	D3	D2	D1	D0
ALARM 0=TOD 1=Alarm	INMODE 00=Takt 01=CNT 10=Timer A 11=Timer A+ CNT	LOAD 1=force load (strobe)	RUNMODE 0=cont. 1=one-shot	OUTMODE 0=pulse 1=toggle	PBon 0=PB7aus 1=PB7an	START 0=aus 1=an

Der Zähler (Event-Counter)

Register		Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
8	$8	LSB Event	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0
9	$9	Event 8-15	E15	E14	E13	E12	E11	E10	E9	E8
10	$A	MSB Event	E23	E22	E21	E20	E19	E18	E17	E16

Wie schon eingangs erwähnt, unterscheidet sich der 8520 nur durch geringe Änderungen vom 6526. Sämtliche dieser Änderungen betreffen

die Funktion der Register 8 - 11. Beim 6526 befand sich hier eine Echtzeituhr (englische Bezeichnung TimeOfDay TOD), die die Tageszeit in Form von Stunden, Minuten und Sekunden in einzelnen Registern bereitstellte. Beim 8520 wurde diese Uhr durch einen einfachen 24-Bit-Zähler ersetzt, den sogenannten Event-Counter. Dadurch tritt eine leichte Begriffsverwirrung auf, da Commodore in den Datenblättern teilweise die alte Bezeichnung TOD auch noch beim 8520 weiterverwendet.

Die Funktion des Event-Counters ist einfach. Er stellt, wie schon erwähnt, einen 24-Bit-Zähler dar. Das bedeutet, sein Wertebereich reicht von 0 bis 16777215 ($FFFFFF). Mit jedem positiven Impuls (Wechsel von Low nach High) der TOD-Leitung wird der Zählerstand um eins erhöht. Hat der Zähler schon $FFFFFF erreicht, springt er beim nächsten Zählimpuls wieder auf 0 zurück. Der Zähler kann auf einen definierten Stand gesetzt werden, indem man den gewünschten Wert in die Zählerregister schreibt. Das Register 8 enthält die Bits 0-7 des Zählers, das sogenannte LSB (LowestSignificantByte = niederwertigstes Byte), in Register 9 stehen die Bits 8-15 und in Register 10 ($A) die Bits 16-23, das MSB des Zählerwerts (MostSignificantByte = höchstwertiges Byte).

Bei jedem Schreibzugriff stoppt der Zähler, damit keine Fehler durch einen plötzlichen Übertrag von einem Register ins andere auftreten (s. vorangegangenen Abschnitt). Erst nachdem der Wert ins LSB geschrieben wurde (Reg. 8), läuft der Zähler wieder weiter. Im Normalfall wird man also die Reihenfolge Register 10 (MSB), dann Register 9 und abschließend Register 8 (LSB) einhalten.

Damit beim Lesen des aktuellen Zählerstands keine Übertragsfehler auftreten, wird der Zählerwert beim Lesen des MSB (Reg. 10) in ein Latch geschrieben. Jeder weitere Zugriff auf eines der Zählerregister liefert jetzt den Wert des Latchs, das somit in aller Ruhe ausgelesen werden kann, während der Zähler intern weiterläuft. Erst beim Lesen des LSBs wird das Latch wieder abgeschaltet. Will man also den Zähler auslesen, sollte man dieselbe Reihenfolge wie beim Schreiben einhalten: erst MSB, dann das Register 9 und am Ende das LSB.

Zusätzlich ist noch eine sogenannte Alarm-Funktion integriert. Setzt man im Kontrollregister B das Alarm-Bit (Bit-Nr. 7) auf 1, kann man durch Schreiben in die Register 8-10 einen Alarmwert setzen. Sobald dann der Wert des Zählers mit dem Alarmwert übereinstimmt, wird das Alarm-Bit im Interrupt-Kontrollregister gesetzt. Der Alarmwert

kann nur gesetzt werden, ein Lesezugriff auf die Adressen 8-10 ergibt immer den aktuellen Zählerstand, egal ob das Alarm-Bit im Kontrollregister B gesetzt ist oder nicht.

Der serielle Port

Register		Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
12	$C	SDR	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0

Der serielle Port besteht im wesentlichen aus dem seriellen Datenregister (SDR, Serial Data Register) und einem 8-Bit-Schieberegister, auf das man allerdings keinen direkten Zugriff hat. Mit dem SPMODE-Bit im Kontrollregister A kann man zwischen Eingang (SPMODE = 0) und Ausgang (SPMODE =1) umschalten. Im Eingabemodus werden die seriellen Daten an der SP-Leitung mit jeder positiven Flanke (Wechsel von Low nach High) der CNT-Leitung in das Schieberegister geschoben. Nach acht CNT-Impulsen ist das Schieberegister voll, und sein Inhalt wird in das serielle Datenregister übertragen. Gleichzeitig wird das SP-Bit im Interrupt-Kontrollregister (ICR) gesetzt. Treten jetzt wieder CNT-Impulse auf, werden die Daten weiter in das Schieberegister geschoben, bis dieses erneut voll ist. Hat der Anwender inzwischen das serielle Datenregister (SDR) gelesen, wird der neue Wert ins SDR kopiert, und die Übertragung läuft nach diesem Schema kontinuierlich weiter.

Um den seriellen Port als Ausgang verwenden zu können, setzt man SPMODE auf 1. Die Unterlaufrate von Timer A, der im Continuous-Mode laufen muß, bestimmt die Baudrate (Anzahl der Bits pro Sekunde). Die Daten werden immer mit der halben Unterlaufrate von Timer A aus dem Schieberegister herausgeschoben, wobei die maximale Ausgaberate ein Viertel der Taktfrequenz des 8520 beträgt.

Die Übertragung beginnt, nachdem das erste Daten-Byte in das SDR geschrieben wurde. Das CIA überträgt das Daten-Byte in das Schieberegister. Die einzelnen Daten-Bits erscheinen jetzt mit der halben Unterlaufrate von Timer A an der SP-Leitung, das Taktsignal von Timer A liegt dabei an der Leitung CNT an (sie wechselt mit jedem Unterlauf von Timer A ihren Pegel, mit jeder negative Flanke (Wechsel von High nach Low) erscheint das nächste Bit an der SP-Leitung). Die Übertragung beginnt mit dem MSB des Daten-Bytes. Sind alle acht Bits ausgegeben, bleibt CNT auf High und die SP-Leitung auf dem Pegel des zuletzt ausgegebenen Bits. Außerdem wird das SP-Bit im Interrupt-Kontrollregister gesetzt, um anzuzeigen, daß das Schieberegister mit neuen Daten versorgt werden kann. Wurde schon

vor der Ausgabe des letzten Bits das nächste Daten-Byte in das Datenregister geschrieben, wird die Datenausgabe ohne Unterbrechung fortgesetzt.

Will man also eine kontinuierliche Übertragung, muß man das serielle Datenregister rechtzeitig mit neuen Daten versorgen.

Die SP- und die CNT-Leitung sind als Open-Collector-Ausgänge ausgeführt, damit mehrere 8520 über diese Leitungen zusammengeschaltet werden können.

Das Interrupt-Kontrollregister (ICR):

Lesezugriff (read) = Datenregister

Register		Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
13	$D	ICR	IR	0	0	FLAG	SP	Alarm	TB	TA

Schreibzugriff (write) = Maskenregister

Register		Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
13	$D	ICR	S/C	x	x	FLAG	SP	Alarm	TB	TA

Das ICR besteht aus einem Datenregister und einem Maskenregister. Jede der fünf Interrupt-Quellen kann ihr korrespondierendes Bit im Datenregisters setzen. Hier noch einmal alle fünf möglichen Interrupt-Quellen:

1. Unterlauf von Timer A (TA, Bit 0).
2. Unterlauf von Timer B (TB, Bit 1).
3. Übereinstimmung des Werts des Event-Counters mit dem Alarmwert (Alarm, Bit 2).
4. Das Schieberegister des seriellen Ports ist voll (Ein-) oder leer (Ausgabe) (SP, Bit 3).
5. Negative Flanke am FLAG-Eingang (FLAG, Bit 4).

Liest man das ICR-Register, erhält man immer den Wert des Datenregisters, welches dabei gelöscht wird (alle gesetzten Bits inclusive des IR-Bits werden zurückgesetzt)! Benötigt man den Wert des Datenregisters noch, muß er nach dem Lesen im RAM gespeichert werden.

Das Maskenregister kann nur beschrieben werden. Sein Wert bestimmt, ob ein gesetztes Bit im Datenregister einen Interrupt auslösen kann. Um einen Interrupt zu ermöglichen, muß das entsprechende Bit des Maskenregisters auf 1 gesetzt werden. Der 8520 legt, sobald ein Bit sowohl im Daten- als auch im Maskenregister gesetzt ist, die IRQ-Leitung auf 0 (da die IRQ-Leitung 0-aktiv ist, wird damit ein Prozessor-Interrupt ausgelöst) und setzt das IR-Bit (Bit 7) im Datenregister, das damit einen Interrupt auch softwaremäßig signalisiert. Erst wenn das ICR gelesen und damit das Datenregister gelöscht wird, springt die IRQ-Leitung wieder auf 1 zurück.

Das Maskenregister kann allerdings nicht wie eine normale Speicherstelle beschrieben werden. Um ein Bit im Maskenregister zu setzen, muß man das gewünschte Bit und das S/C-Bit (Set/Clear, Bit-Nr. 7) setzen. Alle übrigen Bits bleiben unbeeinflußt. Um ein Bit zu löschen, muß man ebenfalls das gewünschte Bit setzen, nur bleibt diesmal das S/C-Bit auf 0. Das S/C-Bit bestimmt also, ob die gesetzten Bits der eigenen Maske die entsprechenden Bits des Maskenregisters löschen (S/C = 0) oder setzen (S/C = 1). Alle gelöschten Bits in der eigenen Maske haben keine Auswirkung auf die Bits im Maskenregister. Dazu ein Beispiel:

Es soll ein Interrupt durch die FLAG-Leitung erlaubt werden. Der aktuelle Wert des Maskenregisters soll 00000011 binär betragen, d.h. beide Timer-Interrupts sind erlaubt.

Folgender Wert muß ins Maskenregister geschrieben werden: 10010000 binär (S/C = 1, d.h. das gesetzte Bit, in diesem Fall das FLAG-Bit (Bit-Nr. 5) setzt das Bit im Maskenregister). Danach hat es folgenden Inhalt:

```
00010011.
```

Will man jetzt die beiden Timer-Interrupts verbieten, schreibt man folgenden Wert: 00000011 (S/C = 0, d.h. die gesetzten Bits (TA und TB, Bit-Nr. 0 und 1) werden im Maskenregister gelöscht). Jetzt enthält das Maskenregister 00010000, und nur noch der FLAG-Interrupt ist erlaubt.

Die Einbindung der CIAs in das Amiga-System

Wie eingangs erwähnt, besitzt der Amiga zwei CIAs vom Typ 8520. Die Basisadresse des ersten 8520, kurz 8520-A genannt, ist $BFE001.

Die Register liegen aber nicht durchgehend im Adreßraum, sondern mit Abständen von je 256 Bytes. D.h. alle Register des 8520-A liegen auf ungeraden Adressen, da der 8520-A mit den unteren 8 Leitungen des Prozessordatenbus verbunden ist (D0-7). Folgende Tabelle listet die Adressen der einzelnen Register mit ihrer Verwendung im Amiga auf (näheres über die Bedeutung der einzelnen Port-Bits im Kapitel Schnittstellen):

CIA-A: Registeradressen

Adresse	Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
$BFE001	PRA	/FIR1	/FIR0	/RDY	/TK0	/WPRO	/CHNG	/LED	OVL
$BFE101	PRB	Centronics-Parallel-Port							
$BFE201	DDRA	0	0	0	0	0	0	1	1
$BFE301	DDRB	Je nach Anwendung als Eingang oder Ausgang							
$BFE401	TALO	Timer A wird vom Betriebssystem zur Kommunikation							
$BFE501	TAHI	mit der Tastatur verwendet.							
$BFE601	TBLO	Timer B wird vom B. für verschiedene Aufgaben benötigt							
$BFE701	TBHI								
$BFE801	E. LSB	Der Event-Counter im CIA-A zählt die 50 Hz							
$BFE901	E. 8-15	Impulse vom Netzteil (sog. Ticks), die							
$BFEA01		E. MSB	von der Netzfrequenz abgeleitet werden.						
$BFEB01		SP	Empfang der Tasten-Codes von der Tastatur						
$BFEC01		ICR	Interrupt-Kontrollregister						
$BFEE01		CRA	Kontrollregister A						
$BFEF01		CRB	Kontrollregister B						

Das zweite CIA, CIA-B, wird ab der Adresse $BFD000 angesprochen. Seine Register liegen auf den geraden Adressen, da der Datenbus des CIA-B mit der oberen Hälfte des Prozessor-Datenbus verbunden ist.

CIA-B: Registeradressen

Adresse	Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
$BFD000	PRA	/DTR	/RTS	/CD	/CTS	/DSR	SEL	POUT	BUSY
$BFD100	PRB	/MTR	/SEL3	/SEL2	/SEL1	/SEL0	/SIDE	DIR	/STEP
$BFD200	DDRA	1	1	0	0	0	0	0	0
$BFD300	DDRB	1	1	1	1	1	1	1	1
$BFD400	TALO	Timer A wird nur bei seriellem Datentransfer							
$BFD500	TAHI	benutzt. Ansonsten ist er frei.							
$BFD600	TBLO	Timer B dient zur Synchronisierung d. Blitters							
$BFD700	TBHI	mit dem Bildschirm. Ansonsten ist er frei.							
$BFD800	E. LSB	Der Event-Counter in CIA-B zählt die hori-							
$BFD900	E. 8-15	zontalen Sync-Impulse. Im Normalfall sind							
$BFDA00	E. MSB	dies 15625 pro Sekunde (PAL-Zeilenfrequenz).							
$BFDB00	SP	Unbenutzt							
$BFDC00	ICR	Interrupt-Kontrollregister							
$BFDE00	CRA	Kontrollregister A							
$BFDF00	CRB	Kontrollregister B							

Die Adressen $BFD000 für CIA-B und $BFE001 für CIA-A sind die von Commodore angegebenen Basisadressen der CIAs. Bei genauer Untersuchung des Schaltplans stellte sich jedoch heraus, daß die beiden CIAs im gesamten Bereich von A0xxxx bis BFxxxx adressiert werden. Die Wahl zwischen den beiden CIAs treffen die Adreßleitungen A12 und A13. CIA-A wird selektiert, wenn A12 = 0 ist und CIA-B bei A13 = 0, immer vorausgesetzt, die Adressen bewegen sich zwischen A0xxxx und BFxxxx. Da der Datenbus des CIA-A mit den Prozessordatenbus-Leitungen D0-7 (ungerade Adressen) verbunden ist und CIA-B mit D8-15 (gerade Adressen), können beide gleichzeitig in einem Wortzugriff angesprochen werden, wenn A12 und A13 gleich 0 sind.

MOVE.W $BF0000,D0 lädt die PA-Register beider CIAs in D0, die unteren 8 Bits in D0 enthalten dann den Inhalt des PA-Register von CIA-A und die Bits 9-15 den des PA-Registers von CIA-B.

Man kann folgendes Schema für die Adressierung der CIAs aufstellen: CIA-A wird bei folgender Adresse selektiert (binär):

```
101x xxxx xxx0 rrrr xxxx xxx1
```

und CIA-B bei:

```
101x xxxx xx0x rrrr xxxx xxx0
```

Die vier mit rrrr bezeichneten Bits wählen das entsprechende Register aus. Dies gilt allerdings nur für den A1000 mit hundertprozentiger Gewißheit. Es kann durchaus möglich sein, das sich dies bei den neueren Amiga-Modellen geändert hat. Wer sichergehen will, sollte die von Commodore empfohlenen Adressen benutzen. (CIA-A bei $BFE001 und CIA-B bei $BFD000)

Folgende Liste stellt die Belegung der verschiedenen Signalleitungen der CIAs im Amiga dar:

CIA-A

/IRQ	/INT2-Eingang von Paula
/RES	System-Resetleitung
D0-D7	Prozessordatenbus Bits 0-7
A0-A3	Prozessoradreßbus Bits 8-11
Phi2	E-Takt des Prozessors
R/W	Prozessor R/W
PA7	Game-Port 1 Pin 6 (Feuerknopf)
PA6	Game-Port 0 Pin 6 (Feuerknopf)

PA5	/RDY	"disk ready" Signal vom Diskettenlaufwerk
PA4	/TK0	"disk track 00" Signal vom Diskettenlaufwerk
PA3	/WPRO	"write protect" Signal vom Diskettenlaufwerk
PA2	/CHNG	"disk change" Signal vom Diskettenlaufwerk
PA1	LED	Steuerung der Power-LED (0 = hell, 1 = dunkel)
PA0	OVL	memory overlay bit (nicht verändern!)
SP	KDAT	serielle Daten von der Tastatur
CNT	KCLK	Taktfrequenz für die Tastaturdaten
PB0-PB7	Centronics-Port-Datenleitungen	
PC	/drdy	Centronics-Handshake-Signal: Daten bereit
FLAG	/ack	Centronics-Handshake-Signal: Daten übernommen

CIA-B

/IRQ	/INT6-Eingang von Paula	
/RES	System-Resetleitung	
D0-D7	Prozessordatenbus Bits 8-15	
A0-A3	Prozessoradressbus Bits 8-11	
Phi2	E-Takt des Prozessors	
R/W	Prozessor R/W	
PA7	/DTR	Serielle Schnittstelle, /DTR-Signal
PA6	/RTS	Serielle Schnittstelle, /RTS-Signal
PA5	/CD	Serielle Schnittstelle, /CD-Signal
PA4	/CTS	Serielle Schnittstelle, /CTS-Signal
PA3	/DSR	Serielle Schnittstelle, /DSR-Signal
PA2	SEL	"select"-Signal zur Centronics-Schnittstelle
PA1	POUT	"paper out"-Signal von der Centronics-S.
PA0	BUSY	"busy"-Signal von der Centronics-S.
SP	BUSY	Direkt mit PA0 verbunden
CNT	POUT	Direkt mit PA1 verbunden
PB7	/MTR	"motor" Signal zum Diskettenlaufwerk
PB6	/SEL3	"drive select" für Laufwerk Nr. 3
PB5	/SEL2	"drive select" für Laufwerk Nr. 2
PB4	/SEL1	"drive select" für Laufwerk Nr. 1
PB3	/SEL0	"drive select" für Laufwerk Nr. 0 (intern)
PB2	/SIDE	"side select"-Signal zum Diskettenlaufwerk
PB1	DIR	"direction"-Signal zum Diskettenlaufwerk
PB0	/STEP	"step"-Signal zum Diskettenlaufwerk
FLAG	/INDEX	"index"-Signal vom Diskettenlaufwerk
PC	Nicht benutzt	

1.2.3 Die Custom-Chips und ihre Einbindung in die Amiga-Hardware

Die Chips, von denen wir bis jetzt gehört haben, waren eher banal. Auch der 68000 ist doch trotz seiner unbestrittenen Leistungsfähigkeit heute nur noch ein Standard-Chip, das für ein paar Mark im Elektronikladen um die Ecke zu haben ist. Obwohl auch die Fähigkeiten des Amiga letztlich von der Geschwindigkeit des Prozessors abhängen, fallen dem staunenden Amiga-Bewunderer doch erst einmal andere Dinge ins Auge. Denn wenn der Computer Grafiken in Fernsehqualität auf den Bildschirm zaubert und dazu noch Beethovens Neunte so aus den Lautsprechern kommt, daß der staunende Freak unwillkürlich den versteckten CD-Player sucht, dann erregt er die Aufmerksamkeit.

Ob der Computer dann auch noch sämtliche Primzahlen in Bruchteilen von Sekunden errechnet oder ob er kaum schneller als der alte Taschenrechner ist, interessiert die möglichen Käufer eines Computers wie der Amiga gewöhnlich erst hinterher.

Auch die Entwickler des Amiga richteten sich danach und statteten ihn mit einer für Computer dieser Preisklasse nie gekannten Fülle von grafischen und akustischen Fähigkeiten aus, die der Amiga-Hardware einen geheimnisvollen Flair verliehen. Dies wurde noch dadurch verstärkt, daß anfangs alle möglichen und unmöglichen Gerüchte über seine Fähigkeiten kursierten.

Das Ziel dieses Kapitels ist es, die Hardware, die für die fantastischen Sound- und Grafikmöglichkeiten des Amiga verantwortlich ist, allgemeinverständlich zu erklären und damit dem Leser eine fundierte Basis für die perfekte Programmierung des Amiga zu geben.

Grundlage aller oben erwähnten Fähigkeiten sind lediglich drei Chips. Sie wurden eigens für den Amiga entwickelt und tragen daher die Bezeichnung Custom-Chips. (Custom-Chips nennt man integrierte Schaltkreise, die von einer Halbleiterfirma eigens für ein bestimmtes Gerät oder einen bestimmten Kunden nach dessen Angaben entwickelt wurden, die deutsche Bezeichnung dafür lautet "Kundenspezifische Schaltkreise".) Ihre Typenbezeichnungen sind 8361, 8362 und 8364, allerdings waren den Amiga-Entwicklern diese Nummern zu farblos, und so gaben sie den drei Chips die Namen Agnus, Denise und Paula (Im deutschen Amiga steckt allerdings eine an die PAL-Fernsehnorm angepaßte Agnus-Version mit der Typennummer 8367).

Diese Custom-Chips übernehmen die Aufgaben der Tonerzeugung, der Bildschirmdarstellung, des prozessorunabhängigen Diskettenzugriffs und vieles mehr. Allerdings sind diese Aufgaben nicht so auf die einzelnen Chips verteilt, daß eines die gesamte Tonerzeugung, ein anderes die Grafik und ein weiteres den Diskettenzugriff übernimmt, wie das bei den meisten Konkurrenzprodukten der Fall ist, sondern die Aufgaben sind meistens über mehrere Chips verteilt, so wird z.B. die Grafikdarstellung von zwei Chips zusammen erledigt.

Bei einer solchen engen Zusammenarbeit hätte man die drei Chips auch zu einem einzigen zusammenfassen können, aber die Herstellung eines solchen komplexen Schaltkreises wäre dann teurer gekommen als die Herstellung der drei einzelnen.

Bevor wir jetzt auf die Funktionen von Agnus, Denise und Paula im einzelnen eingehen, erst einmal eine kleine Einführung in den Aufbau des Amiga.

1.2.3.1 Der Grundaufbau des Amiga

Der Grundaufbau des Amiga

Abb. 1.2.3

Ein einfaches Computersystem besteht normalerweise aus einem Prozessor, dem ROM mit dem Betriebssystem, einer gewissen Menge RAM und mindestens einem Peripheriebaustein zur Daten-Ein- und Ausgabe. Sämtliche Bausteine sind mit dem Adreßbus und dem Datenbus verbunden. Der Prozessor kontrolliert das System, nur er kann Adressen auf den Bus legen und damit Daten an bestimmte Systemkomponenten, z.B. das RAM, ausgeben oder von ihnen einlesen. Er kontrolliert auch die Bussteuersignale wie z.B. die R/W-Leitung. (Sie sind der Einfachheit halber in Abbildung 1.2.3 nicht eingezeichnet; die einzelnen Bussteuersignale des 68000 sind in Kapitel 1.2.1 aufgeführt.)

Auch enthält jedes Computersystem noch Steuerschaltungen wie z.B. einen Adreßdecoder, der bei bestimmten Werten auf dem Adreßbus die diesen Adressen zugewiesenen Bausteine aktiviert.

Doch zurück zum Amiga. Wie man aus der Abbildung 1.2.3 ersehen kann, weicht der Aufbau des Amiga doch etwas vom oben beschriebenen ab. Auf der linken Seite sehen wir den 68000-Mikroprozessor, dessen Daten- und Adreßleitungen direkt mit den beiden CIAs vom Typ 8520 und dem Kickstart-ROM verbunden sind. Dieser Teil des Amiga-Systems ist also konventionell aufgebaut, nur der Prozessor hat Zugriff auf die beiden CIAs und das ROM. Wie sieht es nun auf der rechten Seite aus? Hier befinden sich die drei Custom-Chips Agnus, Denise und Paula und das Chip-RAM, die alle direkt mit demselben Datenbus verbunden sind, welcher aber vom Prozessordatenbus durch einen Puffer getrennt ist, der wahlweise den Prozessordatenbus mit dem Chip-Datenbus verbinden oder von ihm trennen kann. Die drei Custom-Chips sind untereinander auch noch durch den Registeradreßbus verbunden, der wie der Datenbus wahlweise mit dem Prozessoradreßbus verbunden werden kann oder nicht.

Da das Chip-RAM einen weitaus größeren Adreßbereich hat als die Custom-Chips und außerdem gemultiplexte Adressen benötigt, existiert noch ein Chip-RAM-Adreßbus. Für diejenigen, denen der Begriff "gemultiplexte Adressen" nichts sagt, nur soviel: die RAM-Chips, die im Amiga (A1000) verwendet werden, haben einen Adreßbereich von 2^{16} Adressen (65536). Um alle Adressen eines Chips ansprechen zu können, benötigt man also 16 Adreßleitungen. Da die eigentlichen Chips aber sehr klein sind, hätte eine solch große Anzahl von Adreßleitungen ein unverhältnismäßig großes Gehäuse zur Folge. Um dieses Problem zu beseitigen, hat man eine sogenannte gemultiplexte Adressierung eingeführt. Das Gehäuse hat dabei lediglich acht Adreßleitungen, auf denen hintereinander erst die oberen acht Adreß-Bits und danach die unteren acht übertragen werden. Das Chip speichert die oberen acht und hat dann, wenn die unteren an den Adreßleitungen anliegen, alle 16 Adreß-Bits, die es benötigt.

Wieder zum Amiga: Warum diese Trennung der beiden Busse? Nun, der Grund dafür ist, daß die verschiedenen Ein-/Ausgabegeräte eine kontinuierliche Versorgung mit Daten benötigen. So müssen z.B. die Daten für die einzelnen Bildpunkte auf dem Monitor fünfzigmal in der Sekunde aus dem RAM gelesen werden, da ein Fernsehbild nach der deutschen Pal-Fernsehnorm fünzigmal in der Sekunde neu aufgebaut wird.

Eine hochauflösende Grafik kann auf dem Amiga über 64 KB Bildschirmspeicher benötigen. Dies bedeutet, daß pro Sekunde 50 * 64 KB aus dem Speicher geholt werden müssen. Dies sind etwas über 1.5

Millionen Speicherzugriffe in jeder Sekunde! Müßte der Prozessor diese Aufgabe erledigen, wäre er hoffnungslos überfordert. Eine so hohe Datenrate schafft auch ein 68000 nicht. Und dabei ist der Amiga auch noch in der Lage, neben der Grafik digitalisierte Tonausgabe und Diskettenzugriffe durchzuführen, ohne den 68000 zu verwenden. Die Lösung liegt in einem zweiten Prozessor, der all diese Speicherzugriffe selbständig ausführt. Einen solchen Prozessor nennt man auch DMA-Controller (Direct Memory Access/Direkter Speicherzugriff). Er ist beim Amiga in Agnus untergebracht. Aus diesem Grund ist Agnus auch mit dem Chip-RAM-Adreßbus verbunden.

Die übrigen beiden Chips, Denise und Paula, und der Rest von Agnus sind wie herkömmliche Peripherie-Chips aufgebaut. Sie besitzen eine gewisse Anzahl von Registern, die vom Prozessor (oder dem DMA-Controller) gelesen oder beschrieben werden können. Die einzelnen Register werden über den Registeradreßbus ausgewählt. Er hat acht Leitungen, kann also 256 verschiedene Zustände annehmen. Es gibt keine spezielle Auswahl der einzelnen Chips. Hat der Adreßbus den Wert 255 oder $FF, sind also alle Leitungen High, ist kein Register ausgewählt. Liegt aber eine gültige Registernummer an, erkennt dies das Chip, welches das gewählte Register enthält, und aktiviert dieses. Diese Aufgabe wird in den einzelnen Chips von dem Register-Adreßdecoder ausgeführt. Dadurch, daß die Auswahl eines Registers nur von seiner Registeradresse abhängt und nicht von dem Chip, in dem es sich befindet, können auch zwei Register in zwei verschiedenen Chips gleichzeitig mit demselben Wert beschrieben werden, wenn diese auch dieselbe Registeradresse haben. Von dieser Möglichkeit wird bei einigen Registern Gebrauch gemacht, die Daten enthalten, die von mehreren Chips benötigt werden.

Jedes Chip-Register kann entweder ein Leseregister oder ein Schreibregister sein. Eine Umschaltung zwischen Lesen und Schreiben mittels einer speziellen R/W-Leitung, wie z.B. beim 8520, gibt es nicht. Die Registeradresse bestimmt gleichzeitig, ob ein Lese- oder Schreibzugriff stattfindet. Register, die sich sowohl lesen als auch beschreiben lassen, sind so realisiert, daß der Schreibzugriff auf einer und der Lesezugriff auf einer anderen Registeradresse stattfindet. Dieser Sachverhalt spiegelt sich deutlich in der Liste der Chip-Register wieder (siehe Kapitel 1.5.1).

Da Agnus den DMA-Controller enthält, kann es auch selber auf Register der Custom-Chips zugreifen, d.h. eine Adresse auf dem Registeradreßbus ausgeben.

Ein offensichtliches Problem ist aber noch ungelöst. Es gibt nur einen Daten- und einen Adreßbus, auf den sowohl der Prozessor als auch der DMA-Controller zugreifen wollen. Einen Bus kann aber immer nur ein Bus-Controller steuern. Würden zwei Chips gleichzeitig versuchen, eine Adresse auf den Bus zu legen, würde es zu einer Datenkollision, gefolgt von einem Systemzusammenbruch, kommen. Also müssen sie sich die Buszugriffe teilen und dürfen nur noch abwechselnd auf den Bus zugreifen, wobei natürlich jeder möglichst oft den Bus für sich haben möchte. Dieses Problem wurde beim Amiga auf elegante Art in drei Stufen gelöst:

Als erstes hat man im Amiga die beiden normalerweise durchgehenden Busse in zwei Teile geteilt. Der eine (in der Abbildung links) verbindet all die Bausteine, die nur vom Prozessor angesprochen werden. Bei einem Zugriff des 68000 auf einen dieser Bausteine unterbrechen die beiden Puffer (in der Mitte der Abbildung) die Verbindungen des Prozessordaten- und des Prozessoradreßbus mit dem Chip-Daten- und Chip-Adreßbus. Dadurch können sowohl der Prozessor auf seiner Seite und Agnus auf der anderen ungestört auf den Bus zugreifen. Der Prozessor hat dadurch einen ungestörten Zugriff auf das Betriebssystem und eventuelle RAM-Erweiterungen, die am Expansion-Port angeschlossen werden. Dieses Erweiterungs-RAM wird deshalb auch Fast RAM genannt, da der Prozessor immer ohne Geschwindigkeitsverlust darauf zugreifen kann. (Die RAM-Erweiterungen, die beim A1000 vorne und beim A500 an der Gehäuseunterseite eingesteckt werden, gehören allerdings noch zum Chip-RAM.)

Als zweites hat man die Buszugriffe vom Prozessor und von Agnus ineinander verschachtelt, so daß normalerweise auch bei Zugriffen auf das Chip-RAM oder die Chip-Register der 68000 nicht gebremst werden muß. Bei einem solchen Zugriff verbinden die Puffer die beiden Bussysteme wieder.

Erst als dritter und letzter Ausweg werden die Zugriffe des Prozessors verzögert, d.h. der Prozessor muß warten, bis Agnus seine DMA-Zugriffe beendet hat und der Bus wieder frei ist. Dieser Fall tritt allerdings nur dann ein, wenn entweder sehr hohe Grafikauflösungen gewählt wurden oder der Blitter in Betrieb war. Näheres dazu aber später. Jetzt soll erst einmal der interne Aufbau der drei Custom-Chips erläutert werden.

1.2.3.2 Der Aufbau von Agnus

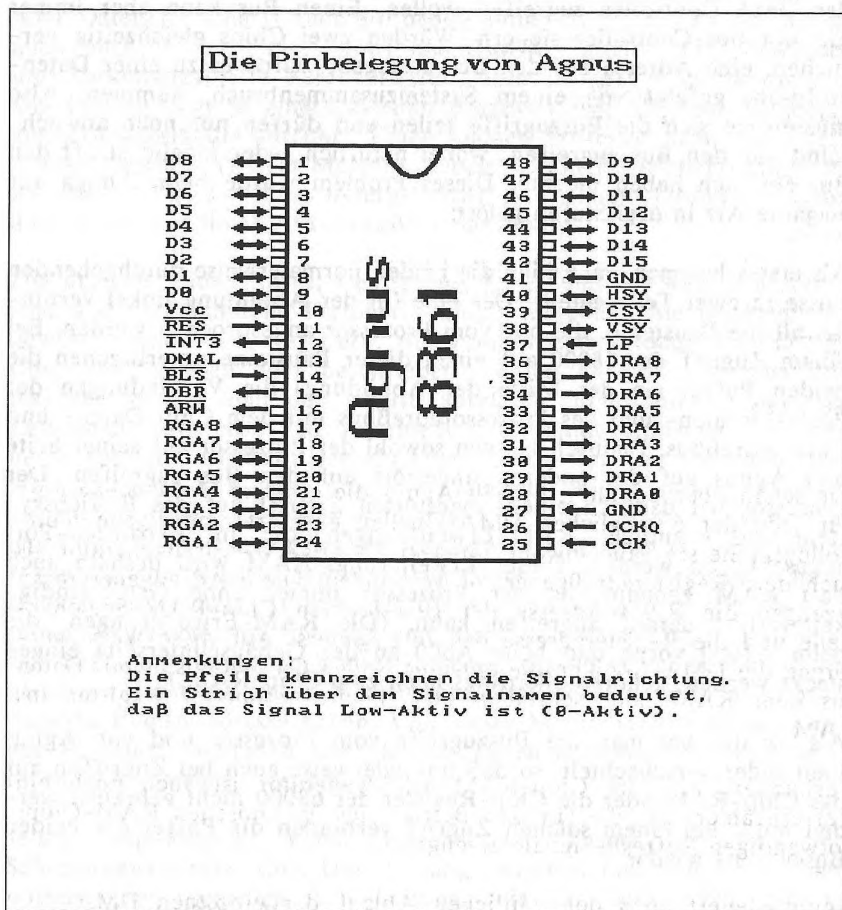


Abb. 1.2.3.1

Abb. 1.2.3.2

Wie schon oben erwähnt, enthält Agnus die gesamte DMA-Steuerung. Für jede der 6 möglichen DMA-Quellen existiert eine eigene Kontrollogik. Sie sind alle sowohl mit dem Chip-RAM-Adreßgenerator als auch dem Registeradreßgenerator verbunden. Diese Adreßgeneratoren erzeugen die RAM-Adresse der gewünschten Chip-RAM-Speicherstelle und die Registeradresse des Zielregisters. Auf diese Weise versorgen die DMA-Logiken die entsprechenden Chip-Register mit Daten aus dem RAM oder schreiben den Inhalt bestimmter Register ins RAM.

Verbunden mit dem Chip-RAM-Adreßgenerator ist auch noch ein Refreshzähler, der die für den Betrieb der dynamischen RAM-Chips notwendigen Refresh-Signale erzeugt.

Agnus steuert auch den zeitlichen Ablauf der einzelnen DMA-Zugriffe. Als Grundlage dazu dient eine Bildschirmzeile. In jeder Bildschirmzeile finden 225 Speicherzugriffe statt, die von Agnus auf die einzelnen DMA-Kanäle und den 68000 verteilt werden. Da Agnus dafür immer die aktuelle Zeilen- und Spaltenposition benötigt, enthält es auch den Rasterzeilen- und Spaltenzähler. Diese Zähler für die Strahlposition erzeugen auch die horizontalen und vertikalen Synchronisationssignale, die dem angeschlossenen Monitor den Anfang einer neuen Zeile (H-Sync) und den eines neuen Bildes (V-Sync) signalisieren. Die horizontalen und vertikalen Synchronsignale können auch von außen in Agnus eingespeist werden und steuern dann die internen

Rasterzeilen- und Spaltenzähler. Dadurch kann das Videobild des Amiga mit einem anderen, z.B. von einem Videorecorder, synchronisiert werden. Dieses sogenannte Genlock kann dadurch beim Amiga einfach realisiert werden. (Das Synchronisieren zweier Videobilder bedeutet, vereinfacht gesagt, daß die einzelnen Rasterzeilen und die einzelnen Bilder beider Signale gemeinsam anfangen.)

Zwei weitere wichtige Elemente von Agnus sind der Blitter und der Coprozessor Copper. Der Blitter ist eine spezielle Schaltung, die in der Lage ist, Speicherbereiche zu manipulieren oder zu verschieben. Er kann dadurch den 68000 entlasten, da er diese Aufgaben weitaus schneller ausführen kann. Außerdem ist der Blitter noch in der Lage, selbständig Linien zu zeichnen und Flächen zu füllen. Der Copper ist ein einfacher Coprozessor. Seine Programme, die sogenannten Copper-Listen, enthalten nur drei verschiedene Befehle. Der Copper ist in der Lage, die verschiedenen Chip-Register zu festgelegten Zeitpunkten beliebig zu verändern. Genauere Informationen über den Blitter und den Copper finden sich in den Kapiteln über die Programmierung der Custom-Chips.

Hier noch eine Funktionsbeschreibung der einzelnen Pins:

Datenbus: D0-D15

Die 16 Datenleitungen sind direkt mit dem Chip-RAM-Datenbus verbunden. Intern hängen nach einem Puffer sämtliche Chip-Register an dem Bus.

Registeradreßbus: RGA0-RGA8 (ReGisterAdreß)

Der Registeradreßbus von Agnus ist bidirektional. Bei einem DMA-Zugriff legt der Registeradreßgenerator die gewünschte Registeradresse auf diese Busleitungen. Greift der Prozessor dagegen auf die Chip-Register zu, wirken diese Leitungen als Eingänge, und die vom Prozessor gewählte Registeradresse gelangt zum Registeradreßdekoder innerhalb von Agnus. Allgemein gilt, daß bei einem Wert von $FF auf dem Registeradreßbus, d.h. alle Leitungen sind auf High, kein Register ausgewählt wurde.

Die Adreßleitungen für das dynamische RAM: DRA0-DRA8 (Dynamic RAM Adress/Dynamische RAM-Adresse)

Diese Adreßleitungen sind mit dem Chip-RAM-Adreßbus verbunden. Sie sind reine Ausgänge und werden von Agnus immer dann aktiviert,

wenn es einen DMA-Zugriff auf das Chip-RAM ausführen will. Die Adressen auf diesen Pins sind schon gemultiplext und können direkt mit den Adreßleitungen dynamischer 32-K-Bit-RAM verbunden werden (Typ 41256). Dies ist beim Amiga 500 und 2000 der Fall. Beim älteren A1000 besitzen die RAM nur 8 Adreßleitungen. Die neunte DRA-Leitung von Agnus wird wieder demultiplext und zur Umschaltung zwischen verschiedenen RAM-Banks verwendet.

Die Taktleitungen des Agnus CCK und CCKQ: (Color Clock und Color Clock Delay)

Diese beiden Leitungen sind die einzigen Taktleitungen des Amiga. Die Frequenz beider Signale beträgt 3.58 MHz, das ist die halbe Prozessor-Taktfrequenz. Das Signal CCKQ ist zu dem Signal CCK um einen viertel Taktzyklus (90 Grad) verzögert. Nach diesen beiden Signalen richtet sich die gesamte Zeitsteuerung (das Timing) des Agnus.

Die Bussteuerungssignale von Agnus: BLS, ARW, DBR

Diese drei Leitungen sind mit der Steuerlogik des Amiga verbunden. Mit der Leitung DBR (Data Bus Request/Datenbusanforderung) teilt Agnus dieser Steuerlogik mit, daß er den Bus im nächsten Buszyklus übernehmen wird. Diese Leitung hat immer Vorrang vor einer Busanfrage des Prozessors. Benötigt Agnus den Bus in mehreren aufeinanderfolgenden Buszyklen, muß der 68000 eben warten.

Die Leitung ARW (Agnus RAM Write) signalisiert der Steuerlogik, daß Agnus einen Schreibzugriff auf das Chip-RAM ausführen will.

Das BLS-Signal (Blitter Slow Down = Blitter verlangsamen) signalisiert Agnus, das der Prozessor schon seit drei Buszyklen auf einen Zugriff wartet. Je nach dem internen Zustand überläßt Agnus dem Prozessor dann den Bus für einen Zyklus. Genaueres über die verschiedenen Buszyklen findet sich im Kapitel über Programmierung der Custom-Chips.

Die Steuersignale: RES, INT3, DMAL

Das RES-Signal (Reset) ist direkt mit der Reset-Leitung des Prozessors verbunden und setzt Agnus in einen definierten Grundzustand zurück.

Die INT3-Leitung (Interrupt der Ebene 3) ist ein Ausgang und direkt mit der gleichnamigen Leitung von Paula verbunden. Agnus signali-

siert damit der Interrupt-Logik von Paula, daß eine Komponente von Agnus einen Interrupt ausgelöst hat.

Die DMAL-Leitung (DMA Request Line = DMA-Anforderung) verbindet ebenfalls Agnus mit Paula. Nur diesmal in umgekehrter Richtung. Paula signalisiert damit, daß Agnus einen DMA-Transfer einleiten soll.

Die Leitungen: HSY, VSY, CSY und LP

Im Normalfall erscheinen an den Leitungen HSY (Horizontal Sync/Horizontales Synchronisationssignal) und VSY (Vertical Sync/Vertikales Synchronisationssignal) die Synchronsignale für den angeschlossenen Monitor. Das Signal an der Leitung CSY (Composite Sync/Kombiniertes Synchronsignal) ist ein Summensignal aus HSY und VSY und dient sowohl dem Anschluß von Monitoren, die ein gemischtes Synchronsignal benötigen, als auch der Schaltung, die das Videosignal erzeugt, dem Videomixer.

Die LP-Leitung (Light Pen) ist ein Eingang und erlaubt den Anschluß eines Lichtgriffels oder Lightpens. Bei einer negativen Flanke an diesem Pin wird der Inhalt des Rasterzählerregisters gespeichert. (siehe Kapitel 1.5.2)

Die HSY- und VSY-Leitungen können auch als Eingang arbeiten und erlauben dann eine externe Synchronisation von Agnus (Genlock).

1.2.3.3 Der Aufbau von Denise

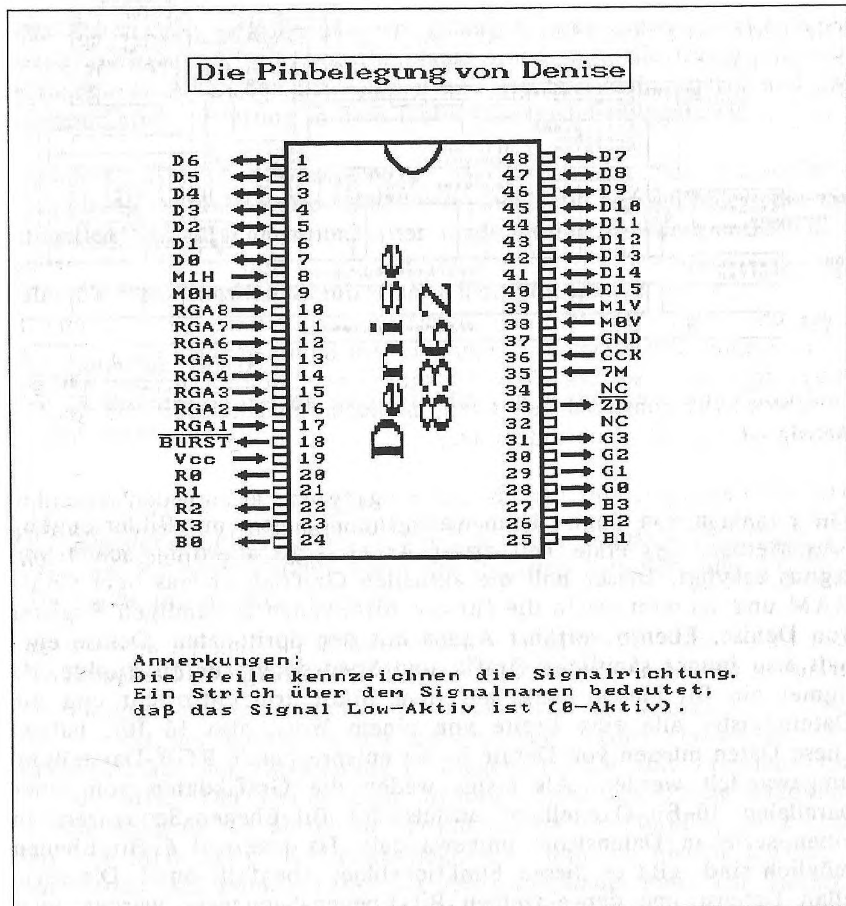


Abb. 1.2.3.3

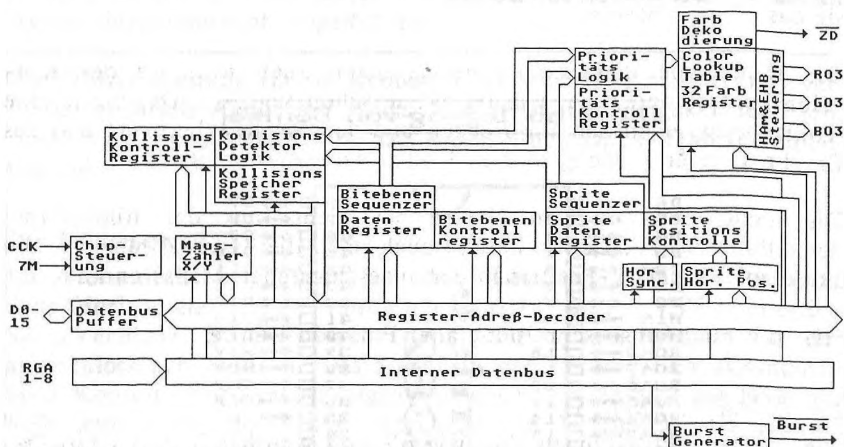


Abb. 1.2.3.4

Die Funktion von Denise kann man ganz allgemein mit Bilderzeugung umschreiben. Der erste Teil dieser Arbeit wird allerdings schon von Agnus erledigt. Dieser holt die aktuellen Grafikdaten aus dem Chip-RAM und schreibt sie in die für die Bit-Ebenen zuständigen Register von Denise. Ebenso verfährt Agnus mit den Spritedaten. Denise enthält also immer sämtliche Grafik und Spritedaten für 16 Punkte, da immer ein Bit einem Punkt auf dem Bildschirm entspricht und die Datenregister alle eine Breite von einem Wort, also 16 Bit, haben. Diese Daten müssen von Denise in die entsprechende RGB-Darstellung umgewandelt werden. Als erstes weden die Grafikdaten von einer parallelen 16-Bit-Darstellung mittels des Bit-Ebenen-Sequenzers in einen seriellen Datenstrom umgewandelt. Da maximal 6 Bit-Ebenen möglich sind, gibt es diesen Funktionsblock ebenfalls 6mal. Die seriellen Datenströme der einzelnen Bit-Ebenen-Sequenzer werden jetzt zu einem maximal 6 Bit breiten Datenstrom zusammengefaßt.

Die Prioritäts-Kontrollogik wählt aus den Grafikdaten von den Bit-Ebenen-Sequenzern und den Spritedaten aus den Sprite-Sequenzern anhand der eingestellten Prioritäten die für den aktuellen Punkt gültigen Daten aus. Nach diesen Daten selektiert die Farbdecodierung eines der 32 Farbregister. Der Wert dieses Farbregisters wird dann als digitales RGB-Signal ausgegeben. Wenn der Hold-And-Modify (HAM)- oder der Extra-Half-Bright-(EHB)-Modus gewählt wurde, werden die

Daten aus dem Farbregister noch dementsprechend modifiziert, bevor sie das Chip verlassen.

Die Daten von den Sequenzern gelangen auch noch zu der Kollisionskontrolllogik, die, wie ihr Name schon sagt, die Daten auf eine Kollision zwischen den Bit-Ebenen und den Sprites überprüft und das Ergebnis dieser Prüfung in dem Kollisionsregister ablegt.

Die letzte Funktion von Denise hat nichts mit der Bildschirmdarstellung zu tun. Denise enthält auch noch die Maus-Zähler, die die aktuellen X- und Y-Positionen der angeschlossenen Mäuse enthalten.

Hier die Funktionsbeschreibung aller Pins von Denise:

Der Datenbus: D0-D15
Die 16 Datenbusleitungen sind wie die von Agnus mit dem Chip-Datenbus verbunden.

Registeradreßbus: RGA1-RGA8
Der Registeradreßbus ist bei Denise ein reiner Eingang. Mit Hilfe des Werts am Registeradreßbus wählt der Register-Adreßdecoder das entsprechende interne Register aus.

Die Takteingänge: CCK und 7M
Die Timing von Denise richtet sich nach dem CCK-Signal. Der CCK-Pin ist mit der gleichnamigen Leitung von Agnus verbunden. Das Taktsignal auf der 7M-Leitung (7 Megahertz) hat eine Frequenz von 7.15909 MHz. Der Denise-Chip benötigt diese zusätzliche Frequenz für die Ausgabe der einzelnen Bildpunkte, da die Punktfrequenz über den 3.58 MHz des CCK-Signals liegt. Ein Punkt im niedrig auflösenden Modus (320 Punkte/Zeile) hat genau die Dauer eines 7M-Taktzyklus. Im hochauflösenden Modus (640 Punkte/Zeile) werden in jedem 7M-Takt zwei Punkte ausgegeben. Einer mit jeder Flanke von 7M. Der 7M-Takt ist übrigens auch der Takt des 68000. Er ist mit dessen Clock-Eingang verbunden.

Die Ausgangssignale: R0-3, G0-3, B0-3, ZD und BURST
Die Leitungen R0-3, G0-3 und B0-3 stellen das RGB-Ausgangssignal von Denise dar. Denise gibt den entsprechenden RGB-Wert digital aus. Dabei wird jede der drei Farbkomponenten mit Hilfe von vier

Bits dargestellt. Das macht 16 Werte pro Komponente und 16*16*16 Farben (4096) insgesamt. Die drei Farbsignale laufen, nachdem sie Denise verlassen haben, erst über einen Puffer und werden dann mittels dreier Digital-/Analog-Wandler in ein RGB-Analogsignal verwandelt, das dann am RGB-Port zur Verfügung steht.

Ein zusätzlicher Videomischer macht aus diesem RGB-Analogsignal das Videosignal für den Videoanschluß. Er benötigt dazu auch noch das BURST-Signal von Denise. Das BURST-Signal ist eine Schwingung mit der Frequenz von CCK, also 3.58 MHz. Näheres über die Funktion des Colorbursts entnehmen Sie am besten einem Buch über Fernsehtechnik.

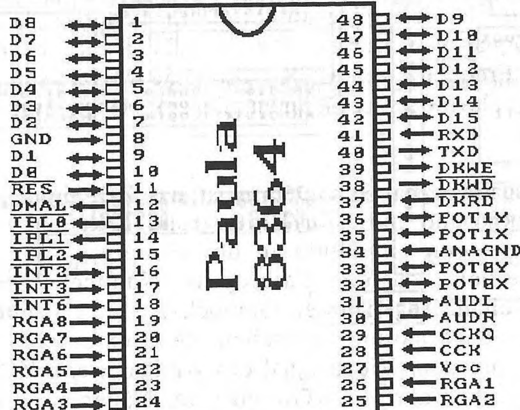
Das letzte Ausgangssignal von Denise ist das ZD-Signal (Zero Detect oder auch Background Indicator/Hintergrund-Erkennung). Es ist immer dann Low, wenn ein Punkt in der Hintergrundfarbe dargestellt wird, d.h. seine Farbe aus dem Farbregister Nummer 0 stammt. Dieses Signal wird in einem sogenannten Genlock-Adapter benutzt und dient in diesem zur Umschaltung zwischen dem externen Video-Signal, wenn ZD = 0, und dem Videosignal des Amiga, wenn ZD = 1 ist. Das ZD-Signal liegt ebenfalls am RGB-Port an. Näheres dazu im Kapitel Schnittstellen.

Die Maus-/Joystick-Eingänge: M0H, M1H, M0V, M1V

Diese vier Leitungen entsprechen direkt den Mauseingängen der beiden Game-Ports (oder Joystick-Buchsen). Da der Amiga aber zwei Game-Ports hat, müßten es eigentlich acht Eingänge sein. Anscheinend waren aber nur vier Pins von Denise frei, als man diesen entwickelt hat, und so wurde bei Commodore folgender Weg gewählt: Die acht Eingangsleitungen der beiden Game-Ports gelangen auf einen Umschalter, der wahlweise die vier Leitungen des vorderen oder des hinteren Ports auf die vier Eingänge von Denise schaltet. Diese Umschaltung geschieht synchron zum Takt von Denise, so daß dieser die vier Leitungen intern wieder auf zwei Register aufteilen kann. Eines für jeden Game-Port. Näheres über die Game-Ports siehe Kapitel Schnittstellen.

1.2.3.4 Der Aufbau von Paula

Die Pinbelegung von Paula



Anmerkungen:
Die Pfeile kennzeichnen die Signalrichtung.
Ein Strich über dem Signalnamen bedeutet,
daß das Signal Low-Aktiv ist (0-Aktiv).

Abb. 1.2.3.5

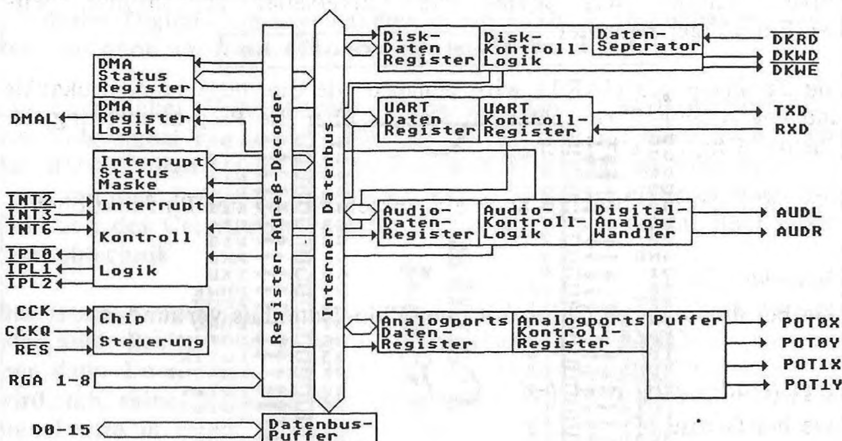


Abb. 1.2.3.6

Die Aufgaben Paulas fallen hauptsächlich in den Ein-/Ausgabe-Bereich (Input/Output kurz I/O), nämlich die Disketten-Ein-/Ausgabe, die serielle Ein-/Ausgabe, die Tonausgabe und die Abfrage der Analogeingänge. Zusätzlich unterliegt Paula die gesamte Interrupt-Steuerung. In ihm laufen alle im System aufgetretenen Interrupts ein. Aus diesen vierzehn möglichen Interrupt-Quellen erzeugt Paula die Interrupt-Signale für den 68000. Es werden dabei Interrupts der Ebenen 1-6 auf den IPL-Leitungen des 68000 generiert. Paula gibt dem Programmierer die Möglichkeit, jede der vierzehn Interrupt-Quellen einzeln zu erlauben oder zu verbieten.

Der Diskdatentransfer und die Tonausgabe laufen ebenfalls per DMA ab. Bei den Daten von Diskette läßt sich nicht immer voraussagen, wann das nächste Datenwort für einen DMA-Transfer von Agnus bereit ist. Ursachen hierfür sind unter anderem die unvermeidlichen Drehzahlschwankungen des Diskettenlaufwerks. Auch bei der Audioausgabe weiß Agnus nicht im voraus, wann Daten benötigt werden. Um dennoch einen reibungslosen DMA-Transfer zu ermöglichen, besitzt Paula die DMAL-Leitung, mit der es Agnus mitteilen kann, daß es einen DMA-Zugriff benötigt.

Die serielle Kommunikation wird von einem UART-Baustein innerhalb Paulas übernommen. UART heißt Universal Asynchronous Receive Transmit was soviel wie universeller asynchroner Sender/Empfänger bedeutet.

Die Funktion des UARTs wird genauso wie die der vier Audiokanäle und der Analog-Ports später im Kapitel über die Programmierung der Custom-Chips beschrieben.

Wie üblich zum Abschluß noch eine Beschreibung der Pinfunktionen:

Datenbus: D0-15

Wie bei den anderen Chips mit dem Chip-Datenbus verbunden.

Registeradreßbus: RGA 1-8

Wie bei Denise

Die Taktsignale und Reset: CCK, CCKQ und RES

Paula enthält dieselben Taktsignale wie Agnus. Die Reset-Leitung RES versetzt das Chip in einen definierten Einschaltzustand.

DMA-Request: DMAL

Mittels dieser Leitung signalisiert Paula an Agnus, daß es einen DMA-Transfer benötigt.

Audioausgänge: AUDL und AUDR

Die Ausgängen AUDL und AUDR (Left Audio und Right Audio) sind analoge Ausgänge, an denen die in Paula erzeugten Tonsignale anliegen. An AUDL liegen die internen Tonkanäle 0 und 3, an AUDR die Kanäle 1 und 2.

Die Leitungen der seriellen Schnittstelle: TXD und RXD

RXD (Receive Data/Empfangsdaten) ist der serielle Eingang des UARTs, TXD (Transmit Data/Sendedaten) der serielle Ausgang. Diese Leitungen haben TTL-Pegel, das heißt, ihre Ein-/Ausgangsspannungen bewegen sich zwischen 0 und 5 Volt. Ein zusätzlicher Pegelwandler erzeugt erst nachträglich die +12/-5 Volt der seriellen RS232-Schnittstelle des Amiga.

Die Analogeingänge: POT0X, POT0Y, POT1X, POT1Y

Die Eingänge POT0X und POT0Y sind mit den entsprechenden Leitungen von Game-Port 0 verbunden, POT1X und POT1Y dementsprechend mit Port 1. An diese Eingänge können Paddles oder Analog-Joysticks angeschlossen werden. Diese Eingabegeräte enthalten veränderliche Widerstände, sogenannte Potentiometer, die zwischen +5 Volt und den POT-Eingängen liegen. Paula ist in der Lage, den Wert dieser Wiederstände zu ermitteln und in internen Registern abzulegen. Die POT-Eingänge können allerdings softwaremäßig auch als Ausgang geschaltet werden.

Die Diskettenleitungen: DKRD, DRWD, DKWE

Über die DKRD-Leitung (Disk Read/Disketten-Lesedaten) erhält PAULA die Lesedaten von der Diskette. Die DKWD-Leitung (Disk Write/Disketten-Schreibdaten) ist der Ausgang für die Daten zum Diskettenlaufwerk. Die DKWE-Leitung (Disk Write Enable/Disketten-Schreibfreigabe) dient zum Umschalten des Diskettenlaufwerks von Lesen auf Schreiben.

Die Interrupt-Leitungen: INT2, INT3, INT6 und IPL0, IPL1, IPL2

Über die drei INT-Leitungen erhält Paula die Aufforderung, einen Interrupt der entsprechenden Ebene zu erzeugen. Mit der INT2-Leitung ist normalerweise der mit CIA-A bezeichnete 8520-Baustein verbunden. Allerdings ist diese Leitung auch noch zum Expansion-Port und der seriellen Schnittstelle durchgeschleift. Wird sie Low, erzeugt Paula einen Interrupt der Ebene 2, vorausgesetzt, daß ein Interrupt dieser Ebene überhaupt erlaubt ist. Die INT3-Leitung ist mit dem entsprechenden Ausgang von Agnus verbunden und die INT6-Leitung mit dem CIA-B und ebenfalls dem Expansion-Port. Alle restlichen Interrupts treten innerhalb der I/O-Komponenten von Paula auf.

Die IPL0-IPL2 Leitungen (Interrupt Pending Level des 68000, s. Kap. 1.2.1) sind direkt mit den entsprechenden Prozessorleitungen verbunden. Über sie erzeugt Paula einen Prozessor-Interrupt der entsprechenden Ebene.

1.2.3.5 Besonderheiten des A500

Die Beschreibungen der Amiga-Hardware in diesem Kapitel entstanden ursprünglich für den A1000. Sie sind größtenteils auch für den A500 gültig. Im A500 wurde am Amiga-Grundaufbau nichts geändert. Man hat nur versucht, eine billigere Version herzustellen. Die größten Unterschiede zwischen beiden Modellen betreffen die Verteilung der verschiedenen Hardware-Elemente auf die einzelnen Chips.

Beim A1000 kommen zu den Custom-Chips noch eine Vielzahl einfacher logischer Schaltkreise, die der Erzeugung der Taktsignale, der Bussteuerung und der Adreßdekodierung dienen.

Beim A500 wurden fast alle dieser logischen Funktionen in den großen Chips zusammengefaßt. Dazu hat man einige neue Baugruppen zum Agnus-Chip hinzugefügt und dem neuen Chip den Namen Fat-Agnus gegeben (Typenbezeichnung: 8370 NTSC und 8371PAL).

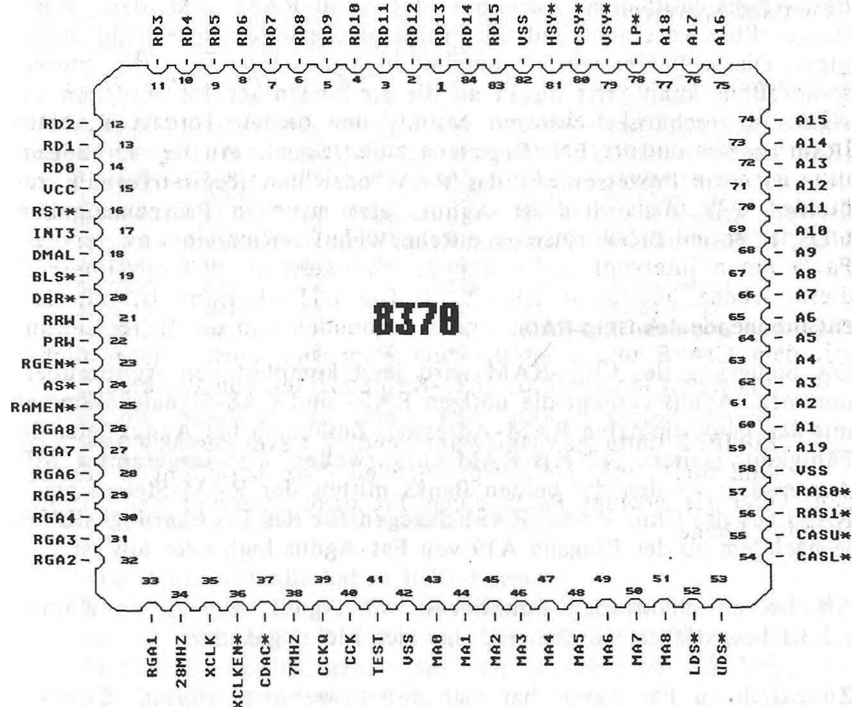


Abbildung 1.2.3.7

Die Abbildung 1.2.3.7 zeigt die Pinbelegung des Fat-Agnus. Wenn unter der Vielzahl von Pins einige des normalen Agnus nicht mehr auftauchen, liegt das daran, das diese mit Schaltungen verbunden waren, die sich jetzt im Inneren von Fat-Agnus befinden. Im einzelnen wurden folgende neue Funktionen in Agnus integriert:

Die Takterzeugung

Die gesamte Takterzeugung für das Amiga-System ist in Fat-Agnus integriert. Lediglich der 28-MHz-Haupttakt muß noch zugeführt werden. Die zu diesem Funktionsblock gehörenden Leitungen sind:

28MHz, XCLK, XCLKEN, 7MHz, CCKQ, CCK und CDAC

Der Adreßbuspuffer

In der Abbildung 1.2.3 ist ein Puffer eingezeichnet, der den Adreßbus des Amiga mit dem Adreßbus des Chip-RAM und dem Registeradreßbus verbindet und die Prozessoradressen entsprechend multiplext. Dieser Puffer wurde komplett in Agnus integriert. Der Prozessoradreßbus kann jetzt direkt an die Leitungen A1 bis A18 von Fat Agnus angeschlossen werden. Mittels der beiden Signale RAMEN (Ram enable) und RGEN (Register enable) signalisiert der Adreßdecoder, daß der Prozessor auf das RAM oder den Registerbereich zugreifen will. Außerdem ist Agnus jetzt mit den Prozessorsignalen UDS, LDS und PR/W (Prozessor Read/Write) verbunden.

Die Steuerung des Chip-RAM

Die Steuerung des Chip-RAM wird jetzt komplett von Agnus übernommen. Agnus erzeugt die nötigen RAS- und CAS-Signalezusammen mit den gemultiplexten RAM-Adressen. Zusätzlich hat Agnus jetzt die Fähigkeit, weitere 512 KB-RAM zu verwalten, also insgesamt 1 MB. Ausgewählt werden die beiden Banks mittels der RAM-Steuersignale: RAS0 für das Chip-RAM, RAS1 dagegen für das Erweiterungs-RAM, je nachdem ob der Eingang A19 von Fat-Agnus high oder low ist.

An den entscheidenden Funktionen von Agnus, wie sie in Kapitel 1.2.3.1 beschrieben worden sind, hat sich nichts geändert.

Zusätzlich zu Fat-Agnus hat man einen weiteren, vierten, Custom-Chip geschaffen. Dieser hört auf den Namen Gary und übernimmt die

Funktion des Adreßdecoders und Bus-Controllers. Es erzeugt die Auswahlsignale für sämtliche Chips des Amiga, sowie VPA und DTACK für den Prozessor. Nebenbei enthält Gary die Reset-Logik und das Motor-Flip-Flop für das Diskettenlaufwerk (siehe 1.3.5).

1.2.3.6 Besonderheiten des A2000

Im Prinzip gibt es zwei verschiedene A2000-Typen: den A2000-A und den A2000-B. Der A2000-A wurde bei Commodore in Braunschweig entwickelt, noch bevor der A500 samt Fat-Agnus und Gary fertig war. Er besteht im Kern aus der Hardware eines A1000. Es wurden lediglich folgende Elemente hinzugefügt:

Die Echtzeituhr vom Typ OKI 6242 (bzw. MSM 6242)

Diese Uhr verfügt über 16 4-Bit-Register und liefert neben der Uhrzeit auch noch Wochentag und Datum. Beim A2000-A hat sie die Adresse $D80000, beim A2000-B und beim A500 $DC0000. Ihre Registerbelegung sieht folgendermaßen aus:

Adresse	Register	D3	D2	D1	D0	Funktion
$DC0001	S1	S8	S4	S2	S1	Sekunden Einer
$DC0003	S10	x	S40	S20	S10	Sekunden Zehner
$DC0005	MIN1	M8	M4	M2	M1	Minuten Einer
$DC0007	MIN10	x	M40	M20	M10	Minuten Zehner
$DC0009	H1	H8	H4	H2	H1	Stunden Einer
$DC000B	H10	x	AM/PM	H20	H10	Stunden Zehner
$DC000D	D1	D8	D4	D2	D1	Datum Einer
$DC000F	D10	x	x	D20	D10	Datum Zehner
$DC0011	MO1	M8	M4	M2	M1	Monat Einer
$DC0013	MO10	x	x	x	M10	Monat Zehner
$DC0015	Y1	Y8	Y4	Y2	Y1	Jahr Einer
$DC0017	Y10	Y80	Y40	Y20	Y10	Jahr Zehner
$DC0019	W	x	W4	W2	W1	Wochentag 0-6
$DC001B	Control D	ADJ	IRQ	BUSY	HOLD	Kontrollregister
$DC001D	Control E	t1	t0	INTR	MASK	Kontrollregister
$DC001F	Control F	TEST	24/12	STOP	RSET	Kontrollregister

Für die Zeitregister ($DC0000 - $DC0019) gilt:

- Alle Registerinhalte haben BCD-Format.
- Wenn die Uhr im 12-Stunden-Modus ist, werden die Stunden von 12 AM bis 11 AM und von 12 PM bis 11 PM gezählt, im 24-Stunden-Modus gehen sie von 0 Uhr bis 23 Uhr, das AM/PM-Bit ist dann ungültig.

- Für den Kalender gelten die normalen Schaltjahre.
- Sonntag ist Wochentag Nr. 0 ($DC0019 = 0), Montag Nr.1 usw.

Die unterschiedlichen Bits in den Kontrollregistern haben folgende Funktionen:

HOLD

Um die Zeitregister der Uhr lesen oder beschreiben zu können, muß das HOLD-Bit auf 1 gesetzt werden. Damit wird verhindert, daß ein Registerübertrag stattfindet, während man die Register gerade ausliest oder ändert. Ein Zählimpuls während HOLD=1 wird gespeichert und ausgeführt, wenn man HOLD wieder auf 0 setzt. Da nur ein solcher Übertrag gespeichert werden kann, sollte man HOLD niemals eine Sekunde oder länger auf 1 setzen, da sonst eine Sekunde verlorengeht, was zur Folge hat, daß die Uhr irgendwann einmal nicht mehr Echt-, sondern Falschzeituhr ist.

BUSY

Mit BUSY=0 zeigt die Uhr an, daß jetzt Daten gelesen oder geschrieben werden können, nachdem man HOLD auf 1 gesetzt hat. Die Verzögerung zwischen HOLD=1 und BUSY=0 beträgt etwa 190 Mikrosekunden. BUSY kann nur gelesen werden.

IRQ,MASK,INTR,T0,T1

Diese Bits steuern die Funktion des Standard-Pulse-Pins der Uhr. Verbindet man diesen Pin mit einer der Interrupt-Leitungen eines Prozessors, kann der Uhrenbaustein auch noch als Interrupt-Quelle dienen. Dieser Pin ist im Amiga nicht beschaltet, so daß diese fünf Bits keine Auswirkung haben. (In IRQ sollte man bei einem Zugriff auf Control D immer eine 1 schreiben.)

RESET

Mittels RESET=1 wird der Zähler zurückgesetzt, der die Frequenz des internen Quarzes auf 1 Hertz für die Sekunden herabteilt. Damit kann man die Uhr mit anderen Zeitgebern synchronisieren.

STOP

Mit STOP=1 wird obiger Zähler angehalten. Die Uhr steht.

24/12
Wie der Name schon sagt, kann man mit diesem Bit die Uhr zwischen AM/PM- und 24-Stunden-Modus umschalten. (24/12 = 0 entspricht dem 24-Stunden-Modus.) Allerdings muß man dazu folgende Reihenfolge einhalten:

```
RESET=1
24/12-Bit auf gewünschten Modus setzen
RESET=0
```

TEST
Test-Bit, für normalen Betrieb immer auf 0 setzen.

Die Slots

Wesentlichste Neuerung beim A2000 sind allerdings die 5 100-poligen Slots, die es ermöglichen, vielfältige Erweiterungskarten im A2000 unterzubringen. Die genaue Belegung und die Funktionen der einzelnen Pins kann man in Kapitel 1.3.7 finden. Zur Verwaltung dieser Slots wurden zur ursprünglichen A1000 Hardware noch Treiber für Adreß-, Daten- und Kontroll-Leitungen sowie einige PAL-Chips zur Steuerung dieser Treiber und verschiedener Busleitungen hinzugefügt. Im wesentlichen entspricht die Elektronik um die fünf Slots derjenigen in den Zorro-Bus-Erweiterungen, die es für den A1000 gab. Die A2000-Slots sind lediglich eine geringfügige Weiterentwicklung des alten Zorro-Standards, den Commodore in der Anfangszeit des Amiga zusammen mit anderen Herstellern für den Amiga entwickelt hat.

Durch die Slots ist Paula nicht mehr einzige Interrupt-Quelle im System. Alle sieben Interrupt-Level des Prozessors können von Erweiterungskarten erzeugt werden, ohne daß man sie mittels des IRQENA-Register von Paula abschalten könnte (siehe Kapitel 1.5.3). Man ist daher auf das Statusregister des Prozessors angewiesen.

Die RAM-Erweiterung des A2000-A ist eine völlig unabhängige Erweiterungskarte, die im sogenannten Coprozessor-Slot eingesteckt ist, der mit dem Expansion-Port vom A1000 (fast) identisch ist. Genaueres dazu findet man wie gesagt in Kapitel 1.3.7.

Beim A2000-B hat man dagegen die (billigere) Schaltung des A500 mitsamt Fat-Agnus und Gary als Basis genommen. Das Erweiterungs-RAM ist mit der RAM-Erweiterungskarte, die beim A500 an der

Unterseite eingeschoben wird, identisch. Also kein Fast-RAM mehr wie beim A2000-A.

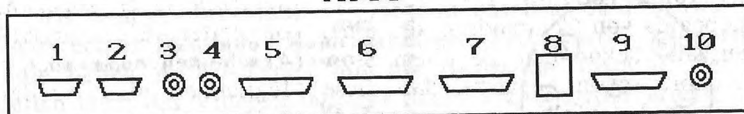
Die PAL für die Slots wurden in einem weiteren neuen Custom-Chip, dem sogenannten Buster, integriert.

Beiden A2000-Versionen sind die vier IBM-Steckplätze gemeinsam. Elektronisch sind diese Slots, abgesehen von der Stromversorgung, vom Amiga völlig getrennt. Erst duch das Einsetzen eines soganannten Bridgeboards von Commodore, das einen kompletten IBM-kompatiblen PC enthält, bekommen sie einen Sinn. (Anscheinend hat aber auch Commodore schon bemerkt, daß diese Möglichkeit nicht sonderlich sinnvoll ist. Jedenfalls kann man auf diesen Gedanken kommen, wenn man den Kommentar liest, der von einem der Amiga-Entwickler neben den IBM-Slots auf dem Schaltplan hinterlassen wurde: "I wait in this place, where the sun never shines.")

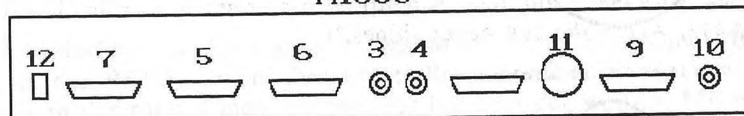
1.3 Die Schnittstellen des Amiga

Die Anordnung der Schnittstellen

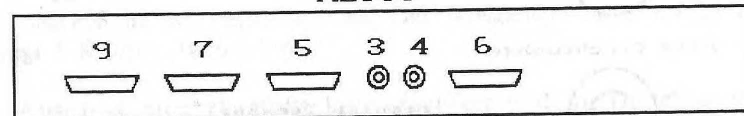
A500



A1000



A2000



1 Gameport 0
2 Gameport 1
3 rechter Tonkanal
4 linker Tonkanal
5 Buchse für externe Laufwerke
6 serielle Schnittstelle (RS232C)
7 Centronics Druckerschnittstelle
8 Netzteilbuchse (nur beim A500)
9 RGB-Buchse
10 Composite-Video Buchse
11 TV-Modulator Buchse (nur beim A1000)
12 Tastatur Buchse

Abbildung 1.3

1.3.1 Die Audio-/Video-Schnittstellen

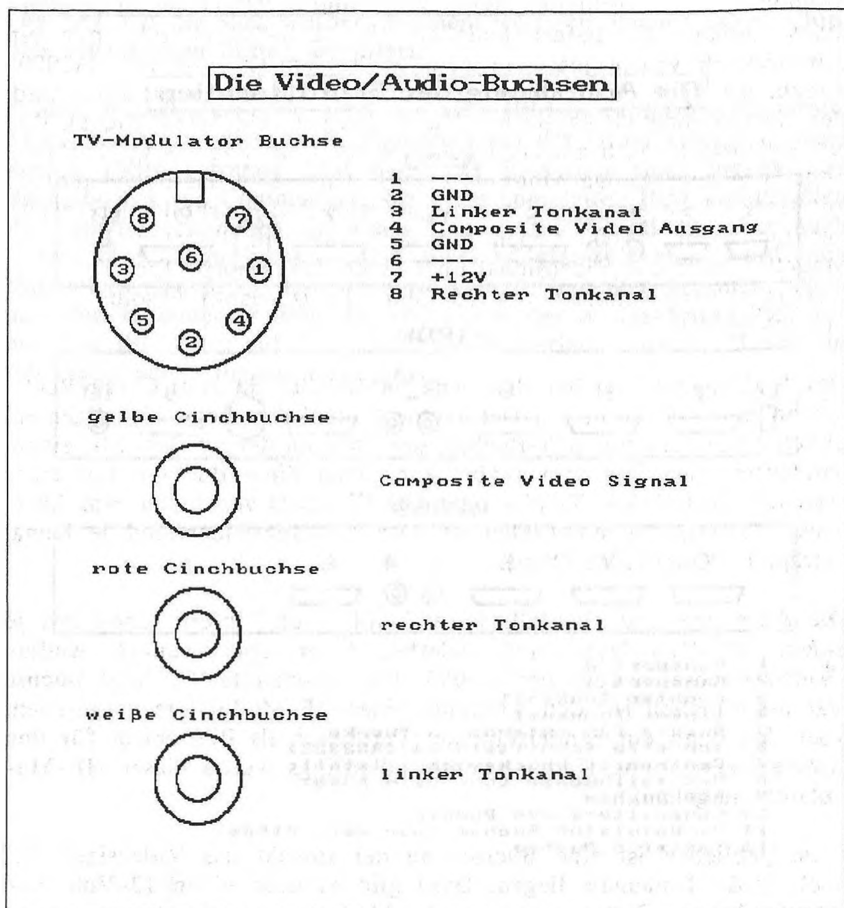


Abbildung 1.3.1

Die Verteilung der Video-Buchsen ist bei den verschiedenen Amiga-Typen sehr unterschiedlich. Am spärlichsten ist der A2000-A ausgestattet. Er verfügt über keinerlei Video-Ausgang, lediglich ein Connector zum Nachrüsten eines Video-Modulators oder eines Genlock-Interfaces ist intern auf der Platine vorhanden. Sowohl der A500, der A2000-B als auch der A1000 verfügen über einen Videoausgang in

Form einer Cinch-Buchse. Das Videosignal an dieser Buchse ist beim A1000 ein Standard-FBAS-Signal und mit allen handelsüblichen Videomonitoren zu verbinden. Beim A500 und A2000-B hat man allerdings gespart. Er liefert lediglich ein BAS-Signal, d.h. nur ein Schwarzweiß-Videosignal. Ein weiteres Problem sind die alten A1000-Typen, die noch nicht mit einer deutschen Tastatur ausgerüstet sind. Bei diesen Modellen liefert der Video-Ausgang ein NTSC-Signal, d.h. ein Videosignal nach amerikanischer Norm. Auf einem PAL-Farbmonitor (wie dem Amiga-Monitor) erscheint das Bild dann schwarzweiß mit senkrechten Streifen. Ein einwandfreies PAL-Farbbild liefern also nur die neuen A1000-Typen mit der deutschen Tastatur. Bei allen Modellen läuft das Videosignal über einen Transistorpuffer mit einem Ausgangslängswiderstand von 75 Ohm. Es ist damit absolut dauerkurzschlußfest.

Das Audiosignal liegt bei allen Amiga-Modellen an zwei Cinch-Buchsen an der Rückfront an. Der rechte Stereokanal liegt wie allgemein üblich an der roten Cinch-Buchse, der linke an der weißen. Mit einem handelsüblichen Stereocinchkabel kann man diese Buchsen mit einer Stereoanlage (AUX-, TAPE- oder CD-Eingang) verbinden, was übrigens wärmstens zu empfehlen ist. Der Ausgangswiderstand je Kanal beträgt 1 KOhm (1000 Ohm).

Die Ausgänge sind ebenfalls kurzschlußfest und intern schon mit je einem 360-Ohm-Widerstand belastet. Über eine weitere Audio-/Video-Buchse verfügt der A1000. Die sogenannte TV-Mod-Buchse war ursprünglich für den Anschluß eines HF-Modulators vorgesehen, über den dann ein handelsüblicher Fernseher als Bildschirm für den Amiga Verwendung finden könnte. Allerdings wurde dieser HF-Modulator nie gebaut...

Nun, geblieben ist eine Buchse, an der sowohl das Videosignal als auch beide Tonkanäle liegen. Dazu gibt es noch einen 12-Volt-Anschluß, der zur Stromversorgung des Modulators vorgesehen war. Der Videoausgang an dieser Buchse verfügt über einen eigenen Transistorpuffer, ist also nicht einfach nur mit der Cinchvideobuchse verbunden. Die beiden Audiopins haben ebenfalls eigene 1-KOhm-Ausgangswiderstände. Da sie aber nicht mit einem internen Belastungswiderstand versehen sind, ist ihr Pegel im unbelasteten Zustand etwa viermal so hoch wie der der Audiocinchbuchsen.

Die TV-Mod-Buchse ist eine achtpolige DIN-Buchse. Passende Stecker für solche Buchsen sind leider schlecht zu bekommen. Vielleicht hilft

es bei der Beschaffung, wenn man weiß, daß die TV-Mod-Buchse identisch mit der Video-Buchse des C64 ist. Hier noch eine kleine Umbauanleitung für alle, die über einen alten A1000 mit NTSC-Videoausgang verfügen. Durch einen einfachen Eingriff läßt sich nämlich das Farbsignal unterbrechen, und der Videoausgang liefert dann ein normales BAS-Schwarzweiß-Videosignal. Damit kann man z.B. besonders lang nachleuchtende Monochrom-Monitore anschließen, die dann ein angenehmeres Arbeiten im Interlace-Modus ermöglichen.

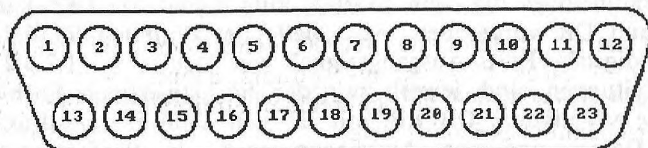
Dies gilt genauso für den neuen A1000, denn wenn der Videoausgang zum Anschluß eines Monochrom-Monitors benutzt wird, stört das PAL-Farbsignal genauso. Statt senkrechter Streifen hat man bei PAL eben ein grießähnliches Punktmuster.

Der Umbau besteht aus folgenden Schritten:

1. Öffnen Sie das Gehäuse (5 Schrauben an der Unterseite).
2. Entfernen Sie das Abschirmblech.
3. Suchen Sie direkt hinter der Videobuchse ein Chip mit der Bezeichnung MC 1377. Neben dem Chip ist auf der Platine auch noch die Nummer U7B aufgedruckt.
4. In der Nähe von Pin 10 dieses ICs befindet sich ein Kondensator von 1 NanoFarad (1 nF) mit der Bezeichnung C47 auf der Platine. Über diesen Kondensator gelangt das Farbsignal an Pin 10 des IC. Löten Sie den Kondensator aus, oder knipsen Sie ihn einfach mit einem Seitenschneider ab.
5. Bauen Sie Ihren Amiga wieder zusammen, und schließen Sie einen Monitor am Videoausgang an. Sie müßten jetzt ein einwandfreies Schwarzweißbild erhalten.

1.3.2 Die RGB-Buchse

Die Belegung der RGB-Schnittstelle



23poliger D-SUB Stecker

Eingang	1	XCLK	Eingang für externe Taktfrequenz
Eingang	2	XCLKEN	Schaltet auf externe Taktfrequenz um
Ausgang	3	R	analoges Rot-Signal
Ausgang	4	G	analoges Grün-Signal
Ausgang	5	B	analoges Blau-Signal
Ausgang	6	DI	digitales Helligkeitssignal
Ausgang	7	DB	digitales Blau-Signal
Ausgang	8	DG	digitales Grün-Signal
Ausgang	9	DR	digitales Rot-Signal
Ausgang	10	QCSY	gepuffertes Composite-Sync-Signal
Ein/Aus	11	HSY	horizontales Synchronisationssignal
Ein/Aus	12	VSY	vertikales Synchronisationssignal
	13	GND	
Ausgang	14	ZD	Backgroundindikatorsignal
Ausgang	15	C1U	C1U-Takt des Amigas (3.58 MHz)
	16	GND	
	17	GND	
	18	GND	
	19	GND	
	20	GND	
	21	-5 Volt	
	22	+12 Volt	
	23	+5 Volt	

Abbildung 1.3.2

Die RGB-Buchse ist bei allen drei Amiga-Modellen identisch. Sie ermöglicht den Anschluß der verschiedenen RGB-Monitore, aber auch spezieller Erweiterungen wie z.B. eines Genlock-Adapters. Zum Anschluß eines analogen RGB-Monitors wie z.B. des Amiga-Monitors dienen die drei analogen RGB-Ausgänge und der CompositeSync-Ausgang. Das RGB-Signal an diesen drei Leitungen entsteht durch die

Umwandlung der gepufferten, digitalen RGB-Signale von Denise in die entsprechenden Analogsignale mittels dreier 4-Bit-Digital-/Analog-Wandler. Das CompositeSync-Signal stammt von Agnus und wird durch Mischung des horizontalen und vertikalen Synchronsignals gebildet. Sämtliche dieser vier Leitungen sind mit Transistorpuffern und 75-Ohm-Ausgangswiderständen versehen, wodurch sie unempfindlich gegen Kurzschlüsse werden.

Zum Anschluß eines digitalen RGB-Monitors sind die Leitungen DI, DB, DG und DR vorgesehen. Als Quelle der digitalen RGB-Signale dient das digitale RGB-Ausgangssignal von Denise (s. 1.2.3.2). Die drei Farbleitungen sind jeweils mit der höchstwertigen Farbleitung von Denise verbunden. DB z.B. mit B3 von Denise. Allerdings liegt zwischen Denise und den Ausgängen noch ein Puffer vom Typ 74HC244. Die Intensitäts- oder Helligkeitsleitung DI ist interessanterweise mit der B0-Leitung verbunden. Die vier Leitungen laufen über 47-Ohm-Ausgangslängswiderstände und haben, da sie ja aus dem 74HC244 kommen, TTL-Pegel.

Für Monitore, die getrennte Synchronisationssignale benötigen, gibt es die HSY- und VSY-Anschlußpins an der RGB-Buchse. Bei diesen Leitungen ist etwas Vorsicht geboten, sie sind über 47-Ohm-Widerstände direkt mit den HSY- und VSY-Pins von Agnus verbunden. Sie haben ebenfalls TTL-Pegel. Wenn das Genlock-Bit in Agnus gesetzt ist (siehe Kapitel über Programmierung der Hardware), werden diese beiden Leitungen zu Eingängen. Der Amiga synchronisiert dann sein eigenes Videosignal nach den Synchronisationssignalen auf der HSY- und VSY-Leitung. Auch wenn diese Leitungen als Eingang geschaltet sind, richten sie sich nach TTL-Pegel. Dabei sind die Synchronsignale wie allgemein üblich low-aktiv. D.h. im Normalzustand sind die Leitungen auf 5 Volt. Nur während des aktiven Synchronisationsimpulses liegt die Leitung auf 0 Volt.

Die aktuelle Kickstart-Version 1.2 erkennt automatisch bei jedem Reset, ob an den beiden Sync-Leitungen Signale vorhanden sind. Man muß also nur seine Synchronimpulse anlegen, und der Amiga schaltet selbständig auf externe Synchronisation um.

Ein weiteres Signal, das ebenfalls mit Genlock in Verbindung steht, ist das ZD-Signal (Zero Detect). Der Amiga legt dieses Signal immer dann auf low, wenn der gerade dargestellte Punkt ein Punkt des Bildschirmhintergrunds ist. In anderen Worten, wenn dessen Farbe aus Farbregister 0 stammt.

Während der vertikalen Austastlücke, also während VSY = 0 ist, ändert sich die Funktion der ZD-Leitung. Dann liegt an ihr der Wert des GAUD-Bits (Genlock Audio Enable) aus dem Agnus-Register $100 (BPLCON0). Dieses Signal wird vom Genlock-Interface zum Schalten des Tonsignals benutzt.

Normalerweise ist die ZD-Leitung für einen normalen Anwender uninteressant, sie wird nur von Genlock-Interfaces benötigt. Das ZD-Signal von Denise Pin 33 läuft auch über einen 74HC244-Treiber. Der Pegel liegt dabei auf TTL-Niveau.

Die restlichen Leitungen der RGB-Buchse haben nichts mehr mit dem RGB-Signal zu tun.

Die C1U-Leitung ist eine 3.58-MHz-Taktleitung und entspricht dem invertierten CLK-Signal der Custom-Chips.

Die XCLK (External Clock) und XCLKEN (ExternalClockEnable) dienen zum Einspeisen einer externen Taktfrequenz in den Amiga. Sämtliche Taktsignale im Amiga werden von einem einzigen 28-MHz-Takt abgeleitet. Dieser 28-MHz-Mastertakt kann durch eine andere Taktfrequenz an dem XCLK-Eingang ersetzt werden, indem man die XCLKEN-Leitung auf 0 legt. Dadurch kann der Amiga z.B. beschleunigt werden, wenn man einen 32-MHz- oder sogar noch höheren Takt an XCLK legt. Wie weit die Amiga-Hardware bei diesen Frequenzen noch funktionsfähig bleibt, müßte experimentell ermittelt werden. Bei Verwendung der XCLK- und XCLKEN-Leitungen sollte der Groundpin 13 verwendet werden. Er ist direkt mit der Masseleitung der Takterzeugung verbunden.

1.3.2.1 Der A2000-Genlock-Slot

Eng mit den Signalen am RGB-Port verbunden ist der Genlock-Slot der A2000-Rechner. Auch ihn gibt es, zur Freude aller Bastler, in zwei verschiedenen Ausführungen. Beim A2000-B hat man hinter den ersten noch einen zweiten mit einigen zusätzlichen Signalen gelegt. Beide sind 36-polige-Slot-Buchsen, identisch mit denen des erweiterten IBM-Busses, in die eine entsprechende Platine direkt eingesteckt werden kann. Man findet sie auf der rechten Platinenseite direkt vor der Rückwand. Die Slots haben folgende Belegung:

Original A2000-Genlock-Slot:

Pin	Funktion	Pin	Funktion
1	Reserviert	2	Reserviert
3	Linker Audioausgang	4	Rechter Audioausgang
5	Reserviert	6	+5 Volt
7	Analog Rot	8	+5 Volt
9	Masse	10	+12 Volt
10	Analog Grün	12	Masse
13	Masse	14	Composite Sync, direkt
15	Analog Blau	16	/XCLKEN
17	Masse	18	BURST
19	/C4 Taktsignal	20	Masse
21	Masse	22	Horizontal Sync
23	B0	24	Masse
25	B3	26	Vertical Sync
27	G3	28	Composite Sync, gepuffert
29	R3	30	/ZD (heißt auch /PIXELSW)
31	-5 Volt	32	Masse
33	XCLK	34	/C1 Taktsignal
35	Reserviert	36	Reserviert

Zusätzlicher A2000-B-Genlock-Slot:

Pin	Funktion	Pin	Funktion
1	Masse	2	R0
3	R1	4	R2
5	Masse	6	G0
7	G1	8	G2
9	Masse	10	B1
10	B2	12	Masse
13	Composite Video	14	TBASE
15	CDAC Taktsignal	16	POUT (Paper out)
17	/C3 Taktsignal	18	BUSY
19	/LPEN	20	/ACK (Acknowledge)
21	SEL (Select)	22	Massse
23	PD0	24	PD1
25	PD2	26	PD3
27	PD4	28	PD5
29	PD6	30	PD7
31	/LED	32	Masse
33	Ton links ungefiltert	34	Audio-Masse
35	Ton rechts ungefiltert	36	Audio-Masse

Fast alle dieser Signale gibt es entweder am RGB-Port oder an der Centronics-Buchse. Die restlichen Signale haben folgende Bedeutung:

Linker bzw. rechter Audioausgang
Diese beiden Pins sind direkt mit den Audiobuchsen verbunden.

Ton links/rechts ungefiltert
Die Audiosignale auf diesen Leitungen haben noch nicht den Tiefpaßfilter passiert.

R0 bis R3, B0 bis B3 und G0 bis G3
Digitales RGB-Signal von Denise, gepuffert über 74HCT244.

/LPEN
Lightpen-Eingang von Agnus.

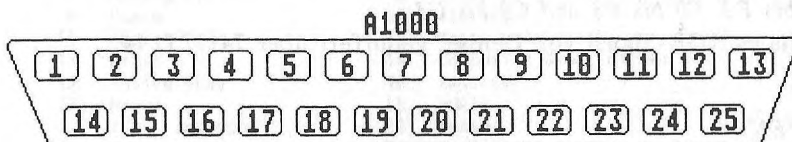
/LED
Zustand der Steuerleitung für die Power-LED. Damit kann eine Genlock-Karte feststellen, ob der Audiofilter ein- oder ausgeschaltet ist (näheres dazu in Anhang 1).

Composite Video
ist mit dem Videoausgang des A2000-B verbunden.

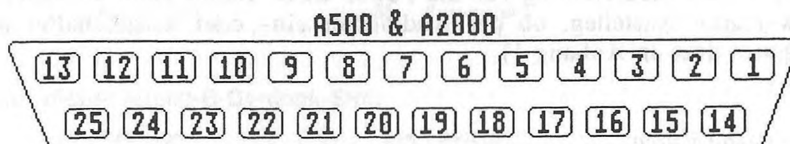
TBASE
TBASE ist die Zeitbasis für den Zähler (Eventcounter) von CIA-A, der vom Kickstart als Systemuhr verwendet wird. Woher TBASE kommt, kann man beim A2000-B über einen Jumper festlegen. Dieser Jumper mit der Bezeichnung J300 verbindet die TBASE-Leitung entweder mit den Ticks vom Netzteil, also der Netzfrequenz von 50 Hz, oder mit der VSync-Leitung von Agnus. Da deren Frequenz auch 50 Hz beträgt, ist die Jumper-Stellung im Normalfall egal. Voreingestellt ist der Jumper auf die Netzfrequenz (Pins 1 und 2), da diese eine bessere Frequenzkonstanz hat, die Uhr geht so etwas genauer.

1.3.3 Die Centronics-Schnittstelle

Die Pinbelegung der Centronicsstecker



25-Pin D-SUB-Stecker



25-Pin D-SUB-Buchse

Abbildung 1.3.3

Ausgang	1	/Strobe - Daten bereit
Ein/Aus	2	PD0, Daten-Bit 0
Ein/Aus	3	PD1, Daten-Bit 1
Ein/Aus	4	PD2, Daten-Bit 2
Ein/Aus	5	PD3, Daten-Bit 3
Ein/Aus	6	PD4, Daten-Bit 4
Ein/Aus	7	PD5, Daten-Bit 5
Ein/Aus	8	PD6, Daten-Bit 6
Ein/Aus	9	PD7, Daten-Bit 7
Eingang	10	/Acknowledge - Datenübernahmesignal
Ein/Aus	11	BUSY - Drucker beschäftigt
Ein/Aus	12	Paper Out - Papierende erreicht
Ein/Aus	13	Select - Drucker ON-LINE
	14	+5 Volt
	15	Unbelegt
Ausgang	16	Reset/Gepufferte Reset-Leitung vom Amiga
	17-25	GND

Beim A1000 sind einige Leitungen anders belegt:

14-22	GND
23	+5 Volt
24	Unbelegt

Ausgang 25 Reset/Gepufferte Reset-Leitung vom Amiga

Die Centronics-Schnittstelle des Amiga erfreut das Herz jedes Computerfreaks. Sie ist vollkommen PC-kompatibel. Jeder IBM-kompatible Drucker kann direkt an ihr angeschlossen werden. Damit steht dem Amiga ein riesiges Reservoir an anschlußfertigen Druckern zur Verfügung. Allerdings gilt dies leider nur für den A500 und den A2000. Beim A1000 stimmt der Centronics-Port nicht mit dem PC-Standard überein. Erstens wurde statt der üblichen DSUB-Buchse ein Stecker verwendet, und zweitens liegt an Pin 23 eine Spannung von 5 Volt an. Diese Leitung ist bei handelsüblichen Druckerkabeln oft mit Masse (GND) verbunden. Steckt man ein solches Kabel beim A1000 ein, entsteht ein Kurzschluß, der ernsthafte Beschädigungen des Amiga zur Folge haben kann. Man ist beim A1000 meistens gezwungen, selbst zum Lötkolben zu greifen und ein entsprechendes Kabel zu basteln.

Intern sind sämtliche Centronics-Port-Leitungen (bis auf 5 Volt und Reset) direkt mit den Portleitungen der einzelnen CIAs verbunden. Die genaue Zuordnung ist folgende:

Pin-Nr.	Funktion	CIA	Pin	Bezeichnung
1	Strobe	A	18	PC
2	Daten-Bit 0	A	10	PB0
3	Daten-Bit 1	A	11	PB1
4	Daten-Bit 2	A	12	PB2
5	Daten-Bit 3	A	13	PB3
6	Daten-Bit 4	A	14	PB4
7	Daten-Bit 5	A	15	PB5
8	Daten-Bit 6	A	16	PB6
9	Daten-Bit 7	A	17	PB7
10	Acknowledge	A	24	PB8
11	Busy	B	2	PA0
	und		39	SP
12	PaperOut	B	3	PA1
	und		40	CNT
13	Select	B	4	PA2

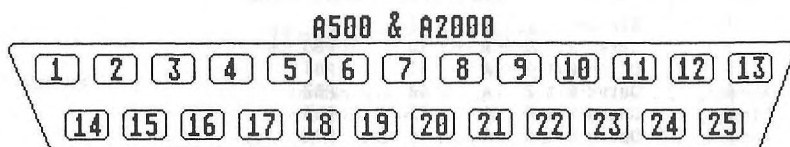
Die Centronics-Schnittstelle ist eine Parallelschnittstelle. Das Daten-Byte liegt an den acht Datenleitungen an. Hat der Computer ein gültiges Byte auf die Datenleitungen gelegt, setzt er die STROBE-Leitung für 1.4 Microsekunden auf 0 und signalisiert damit dem Drucker, daß jetzt ein gültiges Byte bereitsteht. Der Drucker muß dies quittieren, indem er die Acknowledge-Leitung mindestens eine Mikrosekunde lang auf 0 legt. Erst nachdem der Drucker damit gezeigt hat, daß er das Daten-Byte übernommen hat, legt der Computer das nächste Byte auf den Bus.

Mit der Busy-Leitung signalisiert der Drucker, daß er gerade beschäftigt ist und daher keine weiteren Daten annehmen kann.

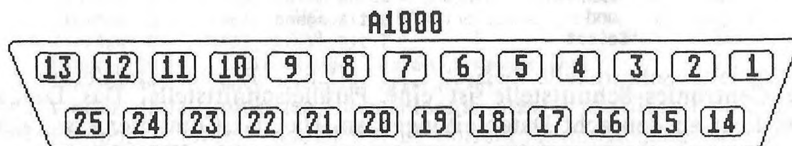
Dies tritt z.B. ein, wenn der Druckpuffer voll ist. Der Computer wartet dann, bis BUSY wieder high wird, bevor er die Übertragung fortsetzt. Mit der Paper-Out-Leitung teilt der Drucker mit, daß der Papiervorrat zu Ende ist (Der Name sagt ja schon alles...). Die Select-Leitung wird ebenfalls vom Drucker gesteuert. Sie zeigt an, ob er ON-LINE (Selected, SEL auf High) oder OFF-LINE (Unselected, SEL auf Low) ist. Der Centronics-Port eignet sich auch hervorragend als Universalschnittstelle zum Anschluß selbstgebastelter Erweiterungen wie z.B. eines Audiodigitalisierers oder Eprom-Brenners, da sich fast alle Leitungen beliebig als Ein- oder Ausgang programmieren lassen.

1.3.4 Die serielle Schnittstelle

Die Pinbelegung der RS232 Buchse



25-Pin D-SUB-Stecker



25-Pin D-SUB-Buchse

Abbildung 1.3.4

	1	GND	Abschirmung Masse (Frame Ground)
Ausgang	2	TXD	Transmit Data
Eingang	3	RXD	Receive Data
Ausgang	4	RTS	Request To Send

Eingang	5	CTS	Clear To Send
Eingang	6	DSR	Data Set Ready
	7	GND	Signal Masse
Eingang	8	CD	Carrier Detect
	9		+12 Volt
	10		-12 Volt
Ausgang	11		AUDOUT Ausgang linker Audiokanal
	12		Unbenutzt
	13		Unbenutzt
	14		Unbenutzt
	15		Unbenutzt
	16		Unbenutzt
	17		Unbenutzt
Eingang	18	AUDIN	Eingang rechter Audiokanal
	19		Unbenutzt
Ausgang	20	DTR	Data Terminal Ready
	21		Unbenutzt
Eingang	22	RI	Ring Indicator
	23		Unbenutzt
	24		Unbenutzt
	25		Unbenutzt

Beim A1000 sind wieder einige Leitungen anders belegt:

	9		Unbenutzt
	10		Unbenutzt
	11		Unbenutzt
	12		Unbenutzt
	13		Unbenutzt
	14		-5 Volt
Ausgang	15	AUDOUT	Ausgang linker Audiokanal
Eingang	16	AUDIN	Eingang rechter Audiokanal
Ausgang	17	E	Gepufferter E-Takt (716 KHz)
Eingang	18	/INT2	Interrupt der Ebene 2 über Paula
	19		Unbenutzt
Ausgang	20	DTR	Data Terminal Ready
	21		+5 Volt
	22		Unbenutzt
	23		+12 Volt
Ausgang	24	MCLK	Taktausgang 3.58 MHz
Ausgang	25	/MRES	Gepufferter Reset-Ausgang

Die serielle Schnittstelle besitzt alle üblichen RS232-Signalleitungen. Zusätzlich liegen noch viele Signale an dieser Schnittstelle, die nichts mit der seriellen Kommunikation zu tun haben. Leider weicht die Belegung der Buchse beim A500 und A1000 wieder voneinander ab.

Zur RS232 gehören die Leitungen TXD, RXD, DSR, CTS, DTR, RTS und CD. Die Leitungen TXD und RXD sind die eigentlichen seriellen Datenleitungen. Die TXD-Leitung ist der serielle Ausgang des Amiga, RXD der Eingang. Sie sind mit den entsprechenden Leitungen Paulas verbunden. Die DTR-Leitung zeigt dem angeschlossenen Peripheriegerät an, daß die serielle Schnittstelle des Amiga in Betrieb ist. Die

DSR-Leitung ist das Gegenstück dazu, mit ihr signalisiert das Peripheriegerät dem Amiga, daß seine Schnittstelle betriebsbereit ist. Die RTS-Leitung zeigt dem Peripheriegerät an, daß der Amiga jetzt serielle Daten über die RS232 senden will. Mit der CTS-Leitung signalisiert dieses dann, daß es jetzt empfangsbereit ist. Das CD-Signal wird gewöhnlich nur von einem Modem benutzt. Mit ihm zeigt dieses an, daß es eine Trägerfrequenz empfängt.

Diese fünf RS232-Steuerleitungen sind mit CIAB, PA3 - PA7 folgendermaßen verbunden: DSR-PA3; CTS-PA4; CD-PA5; RTS-PA6; DTR-PA7. Die RI-Leitung ist über einen Transistor mit der SEL-Leitung der Centronics-Schnittstelle verbunden.

Erfreulicherweise hat man die RS232-Leitungen nicht direkt mit den Chips verbunden, sondern über RS232-Treiber geführt. Damit kann man diese Schnittstelle über ein entsprechendes Kabel mit fast allen gängigen Terminals oder Modems verbinden. Als Ausgangstreiber wurden invertierende RS232-Pegelwandler vom Typ 1488 verwendet. Sie werden mit Versorgungsspannungen von +12 und -5 Volt betrieben. In diesem Bereich bewegt sich daher auch der Ausgangspegel. Als Eingangspuffer wurden Chips vom Typ 1489A benutzt. Damit akzeptieren die Eingänge alle Spannungen zwischen 12 und +0.5 Volt als low und den Bereich von +3 bis +25 Volt als high.

Die Konventionen für RS232-Schnittstellen besagen, daß die Steuerleitungen aktiv high sind, während im Gegensatz dazu bei den Datenleitungen RXD und TXD eine logische 1 durch einen negativen Pegel dargestellt wird. Da die Treiber invertieren, sind auch die entsprechenden Port-Bits in CIAB low-aktiv. D.h. ein Bit mit dem Wert 0 in CIAB setzt die entsprechende RS232-Steuerleitung auf high. Gleiches gilt natürlich auch für die Eingänge.

Die übrigen Leitungen der RS232-Schnittstelle haben nichts mit RS232 zu tun. Die AUDOUT-Leitung ist mit dem linken Tonkanal verbunden und mit einem eigenen 1-KOhm-Ausgangslängswiderstand versehen. Die AUDIN-Leitung ist über einen 47-Ohm-Widerstand direkt mit dem AUDR-Pin von Paula verbunden. Audiosignale, die auf der AUDIN-Leitung in den Amiga eingespeist werden, gelangen zusammen mit dem rechten Tonkanal von Paula über den Tiefpaßfilter (s. Audio-Programmierung) zum rechten Audioausgang. Sonst geschieht nichts mit dem Signal. Die INT2-Leitung ist direkt mit dem INT2-Eingang von Paula verbunden und kann einen Prozessor-Interrupt der Ebene 2 auslösen, wenn das entsprechende Masken-Bit in Paula gesetzt

ist (s. Kapitel über Interrupts). Die E-Leitung ist über einen Puffer mit dem E-Takt des Prozessors verbunden (s. 1.2.1). An der MCLK-Leitung liegt eine Frequenz von 3.58 MHz. Allerdings ist dieser 3.58-MHz-Takt in seiner Phasenlage weder mit dem Takt an der RGB-Schnittstelle noch mit den beiden 3.58-MHz-Frequenzen der Custom-Chips identisch. Zu guter Letzt liegt auch noch das Reset-Signal an dieser Schnittstelle, selbstverständlich gepuffert, wie man es vom Amiga gewohnt ist.

1.3.5 Die Anschlußbuchse für externe Diskettenlaufwerke

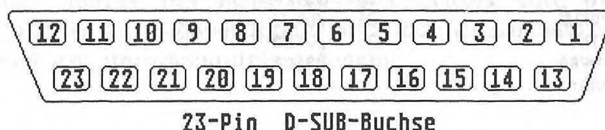


Abbildung 1.3.5.1

Eingang	1	/RDY	Diskbereitschaftssignal
Eingang	2	/DKRD	Lesedaten von Diskette
	3	GND	
	4	GND	
	5	GND	
	6	GND	
	7	GND	
Ausgang	8	/MTRX	Motor an/aus
Ausgang	9	/SEL2	Selektierung von Laufwerk 2 A2000:/SEL3
Ausgang	10	/DRES	Floppy-Reset (Abschalten der Motoren)
Eingang	11	/CHNG	Diskettenwechsel
	12		+5 Volt
OC-Aus	13	/SIDE	Seitenauswahl
Eingang	14	/WPRO	WriteProtect-Leitung
Eingang	15	/TKO	Spur 0 Indikator
Ausgang	16	/DKWE	Umschalten auf Schreiben
Ausgang	17	/DKWD	Schreibdaten zur Diskette
Ausgang	18	/STEP	Bewegung des Schreib-/Lesekopfs
Ausgang	19	/DIR	Richtung der Kopfbewegung
Ausgang	20	/SEL3	Selektierung von Laufwerk 3 A2000:nichts
Ausgang	21	/SEL1	Selektierung von Laufwerk 1 A2000:/SEL2
Eingang	22	/INDEX	INDEX-Signal des Laufwerks
	23		+12 Volt

```
Die Pinbelegung des internen Floppystecker

2 4 6 ....                           32 34    2reihige, 34-polige
|: : : : : : : : : : : : : : : : :|           Messerleiste
1 3 5 ....                           31 33
```

Abbildung 1.3.5.2

Alle ungeraden Pins liegen auf GND.

2	/CHNG	4	/INUSEO A2000:/INUSE1
6	unb. A2000:/INUSEO	8	/INDEX
10	/SELO	12	Unbenutzt, A2000:/SEL1
14	Unbenutzt	16	/MTRO
18	DIR	20	/STEP
22	/DKWD	24	/DKWE
26	/TKO	28	/WPRO
30	/DKRD	32	/SIDE
34	/RDY		

Stromversorgungsbuchse für das interne Laufwerk:

1		+5 Volt
2	GND	
3	GND	
4		+12 Volt

Der Floppy-Anschluß des Amiga ist kompatibel zu dem Shugart-Bus. Er ermöglicht den Anschluß von bis zu vier Shugart-Bus-kompatiblen Laufwerken. Die Auswahl der Laufwerke erfolgt über vier Auswahlleitungen, die sogenannten DriveSelectX-Signale (SELX), wobei X für die Nummer des Laufwerks steht, das durch diese Leitung angewählt werden kann. Da der Amiga schon über eine eingebaute Floppy verfügt, liegen am Anschluß für externe Laufwerke nur noch die SEL1-, SEL2- und SEL3-Leitungen. Die SEL0-Leitung ist mit dem internen Connector verbunden, an dem das eingebaute Laufwerk angeschlossen ist. Es folgt nun die Funktion der einzelnen Shugart-Bus Signale beim Amiga:

SELX

Mit der SELX-Leitung wählt der Amiga eines der vier Laufwerke aus. Außer der MTRX- und der DRES-Leitung sind alle anderen Signale nur dann aktiv, wenn das Laufwerk mit der entsprechenden SELX-Leitung aktiviert wurde.

MTRX

Normalerweise bewirkt diese Leitung, daß alle angeschlossenen Laufwerke ihren Motor einschalten. Bei maximal vier möglichen Laufwerken ist dies keine befriedigende Lösung. Deshalb hat man beim Amiga für jedes Laufwerk ein Flipflop vorgesehen (Ein Flipflop ist ein elektronischer Baustein, der in der Lage ist, ein Daten-Bit zu speichern). Immer wenn die SEL-Leitung des betreffenden Laufwerks auf low geht, übernimmt das Flipflop dieses Laufwerks den Wert der MTRX-Leitung. Der Ausgang des Flipflops ist mit der MTR-Leitung des Laufwerks verbunden. Auf diese Weise können die Motoren der Laufwerke unabhängig voneinander ein- bzw. ausgeschaltet werden. Legt man z.B. die SEL0-Leitung auf low, während sich die MTRX-Leitung auf 0 befindet, läuft der Motor des eingebauten Laufwerks an. Dieses Flipflop befindet sich für das eingebaute Laufwerk schon auf der Hauptplatine. Für jedes externe Laufwerk wird ein weiteres benötigt. Bei der 1010-Zweitfloppy von Commodore hat man es auf einer kleinen Adapterplatine untergebracht.

RDY

Wenn die MTR-Leitung des entsprechenden Laufwerks auf 0 ist, signalisiert die RDY-Leitung (Ready) dem Amiga, daß der Laufwerksmotor seine Nenndrehzahl erreicht hat und das Laufwerk jetzt bereit für Schreib- oder Lesezugriffe ist. Ist die MTR-Leitung dagegen auf 1, der Motor des Laufwerks also abgeschaltet, dient sie einem speziellen Identifikationsmodus. (s.u.)

DRES

Die DRES-Leitung (Drive Reset) ist mit der normalen Reset-Leitung des Amiga verbunden und setzt lediglich oben erwähnte Motorflipflops zurück, d.h. alle Laufwerksmotoren werden abgeschaltet.

DKRD

Über die DKRD-Leitung (Disk Read Data) gelangen die Daten des durch SELX ausgewählten Laufwerks in den Amiga, und zwar zum DKRD-Pin von Paula.

DKWD (Disk Write Data)

Daten von Paulas DKWD-Pin zum aktuellen Laufwerk, das sie dann auf die Diskette schreibt.

DKWE

Die DKWE-Leitung (DiskWriteEnable) schaltet das Laufwerk von Lesen auf Schreiben um. Ist die Leitung high, werden die Daten von der Diskette gelesen, liegt sie dagegen auf low, kann man Daten auf die Disk schreiben.

SIDE

Die SIDE-Leitung wählt aus, auf welcher Diskettenseite die Daten gelesen bzw. geschrieben werden. Ist sie high, ist Seite 0, d.h. der untere Schreib-/Lesekopf, aktiv. Liegt sie auf low, ist Seite 1 angewählt.

WPRO

Die WPRO-Leitung (Write Protect) teilt dem Amiga mit, ob die einliegende Diskette schreibgeschützt ist. Liegt eine schreibgeschützte Diskette im Laufwerk, ist die WPRO-Leitung auf 0.

STEP

Eine positive Flanke an der STEP-Leitung (Wechsel von low nach high) bewegt den Schreib-/Lesekopf des Laufwerks um eine Spur nach innen oder außen, je nach dem Zustand der DIR-Leitung. Bevor die SEL-Leitung des aktivierten Laufwerks wieder auf high zurückgesetzt wird, sollte das STEP-Signal auf jeden Fall auf 1 liegen, da es sonst Probleme mit der Diskwechselerkennung geben kann.

DIR

Die DIR-Leitung (Direction) legt die Richtung fest, in die der Kopf bei einem Impuls an der STEP-Leitung bewegt wird. Low bedeutet in Richtung Diskettenmitte und high nach außen in Richtung Diskettenrand. Spur 0 ist die äußerste Spur der Diskette.

TK0

Die TK0-Leitung (Track 0) ist immer dann auf low, wenn sich der Schreib-/Lesekopf des aktivierten Laufwerks auf Spur 0 befindet. Damit besteht die Möglichkeit, den Kopf in eine definierte Position zu bringen.

INDEX

Das INDEX-Signal ist ein kurzer Impuls, den das Laufwerk einmal pro Diskettenumdrehung liefert, und zwar immer zwischen Anfang und Ende einer Spur.

CHNG

Mit der CHNG-Leitung (Change) signalisiert das Laufwerk dem Amiga einen Diskettenwechsel. Sobald die Diskette aus dem Laufwerk genommen wird, legt es die CHNG-Leitung auf 0. Die Leitung bleibt auf 0, bis der Computer einen STEP-Impuls auslöst. Ist zu diesem Zeitpunkt schon wieder eine Diskette im Laufwerk, springt CHNG auf 1 zurück. Ansonsten bleibt sie auf 0, und der Computer muß weiterhin in regelmäßigen Abständen einen STEP-Impuls auslösen, um zu erkennen, ob sich wieder eine Diskette im Laufwerk befindet. Diese regelmäßigen STEP-Impulse sind die Ursache der Knacklaute, die das Amiga-Laufwerk von sich gibt, wenn keine Diskette eingelegt ist.

INUSE

Die INUSE-Leitung existiert nur am internen Floppystecker. Legt man diese Leitung auf 0, schaltet das Laufwerk seine Leuchtdiode ein. Normalerweise ist diese Leitung mit der MTR-Leitung verbunden.

Beim A2000 liegt das /SEL1-Signal am internen Floppyanschluß, da ja das Zweitlaufwerk im A2000 Gehäuse mit eingebaut wird. Daher gibt es am externen Anschluß nur noch /SEL2 und /SEL3. Das Motor-FlipfLop für das zweite interne Laufwerk ist auf der A2000-Hauptplatine untergebracht. Sein Ausgang wird zusammen mit dem des ersten Flipflops über eine Oder-Verknüpfung auf die MOTOR0-Leitung gelegt. Dadurch laufen immer beide Motoren, auch wenn nur ein Laufwerk angesprochen werden soll.

Für die Leuchtdioden gibt es allerdings noch getrennte Leitungen: INUSE0 und INUSE1.

Um zu erkennen, ob ein Laufwerk am Bus angeschlossen ist, gibt es einen speziellen Identifikationsmodus. Dabei wird ein serielles, 32 Bit langes Datenwort von dem Laufwerk gelesen. Um diese Identifikation zu starten, muß die MTR-Leitung des betreffenden Laufwerks kurz ein- und darauf wieder ausgeschaltet werden (Wie dies geschieht, steht bei der Beschreibung des MTRX-Signals). Dadurch wird im Laufwerk

das serielle Schieberegister zurückgesetzt. Danach kann man die einzelnen Daten-Bits lesen, indem man die SELX-Leitung auf low legt, den Wert der RDY-Leitung als Daten-Bit liest und danach die SELX-Leitung wieder auf high legt. Diesen Vorgang wiederholt man 32mal. Das zuerst empfangene Bit ist das MSB (MostSignificantBit = höchstwertiges Bit) des Datenworts. Da die RDY-Leitung low-aktiv ist, müssen die Daten-Bits invertiert werden.

Folgende festgelegte Definitionen für externe Laufwerke gibt es:

```
$0000 0000   Kein Laufwerk angeschlossen          (00)
$FFFF FFFF   Standard Amiga 3.5-Zoll-Laufwerk     (11)
$5555 5555   Amiga 5.25-Zoll-Laufwerk 2*40 Spuren (01)
```

Wie man sieht, gibt es derzeit so wenig verschiedene Identifikationen, daß es völlig reicht, die ersten beiden Bits zu lesen. Die Werte in Klammern geben die Kombinationen dieser beiden Bits an.

Wie schon oben erwähnt, haben alle Leitungen außer DRES nur eine Wirkung auf das durch SELX ausgewählte Laufwerk. Ursprünglich wirkte auch die MTRX-Leitung unabhängig von SELX, aber die Amiga-Entwickler haben dies durch Hinzufügen erwähnter Motorflipflops geändert.

Alle Leitungen des Shugart-Busses sind low-aktiv, da die Ausgänge sowohl im Amiga als auch in den Laufwerken mit OpenCollector-Treibern versehen sind. Im Amiga sind diese Treiber vom Typ 7407.

Die vier Eingänge CHNG, WPRO, TK0 und RDY sind in dieser Reihenfolge direkt mit PA4 - PA7 von CIA-A verbunden. Die acht Ausgänge STEP, DIR, SIDE, SEL0, SEL1, SEL2, SEL3, MTR kommen von CIA-B, PB0-7 und sind über oben erwähnte Treiber mit dem internen und externen Floppy-Connector verbunden. Da diese Treiber nicht invertieren, sind die Bits in den CIAs ebenfalls invertiert. Die DKRD-, DKWD- und DKWE-Leitungen kommen von Paula.

Außer der MTRX-Leitung und den SEL-Signalen sind die Anschlüsse am internen und externen Floppyanschluß identisch. Das interne Laufwerk ist mit SEL0 verbunden. Seine MTR-Leitung läuft über das oben beschriebene Motor-Flipflop. Am externen Anschluß liegen direkt die MTRX-Leitung vom CIA und die drei SEL-Leitungen.

Anschluß externer Laufwerke an den Amiga

Beim Amiga kann man kaum längere Zeit mit einem einzigen Laufwerk auskommen. Wenn also der Wunsch nach einem Zweitlaufwerk unerträglich geworden ist, stellt sich die Frage: kaufen oder selber bauen. Da normale beidseitige 3.5-Zoll-Laufwerke, wie sie im Amiga verwendet werden, in letzter Zeit für einen Bruchteil des Preises des original Amiga-Zweitlaufwerks A1010 angeboten werden, ist der Selbstbau empfehlenswert. Was ist zu tun?

Der Anschlußstecker eines 3.5-Zoll-Standardlaufwerks, wie z.B eines NEC FD1035 oder FD1036, ist identisch mit dem 34-poligen Anschluß für das interne Laufwerk im Amiga. Ebenso der Stromversorgungsstecker. Um ein Laufwerk wie die FD1035 an den Amiga anzuschließen, muß lediglich noch das Motorflipflop hinzugefügt werden. Abbildung 1.3.5.3 zeigt die entsprechende Schaltung.

Abbildung 1.3.5.3

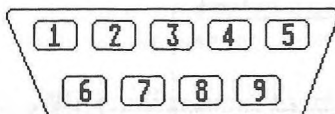
Wie man sieht, speichert das mit F1 bezeichnete Flipflop das Signal an der MTRX-Leitung, wenn die SEL1-Leitung von high auf low geht. Da das FlipFlop den Wert an seinem Dateneingang mit der positiven Flanke des Taktsignals speichert, muß SEL1 invertiert werden. Dies erledigt das Nandgatter N1. Der Q-Ausgang ist direkt mit dem MTR-Eingang des Zweitlaufwerks verbunden.

Das mit N2 bezeichnete Nand-Gatter hat nichts mit der Motorsteuerung zu tun. Es dient dem oben erwähnten Identifikationsmodus, der von den meisten handelsüblichen Laufwerken nicht unterstützt wird. Immer wenn der Motor abgeschaltet und die SEL1-Leitung aktiv, also auf 0, ist, legt das Gatter die RDY-Leitung auf low. Dadurch erkennt der Amiga das Zweitlaufwerk als 3.5 Zoll Standardlaufwerk mit der Nummer DF1: an.

Da von beiden verwendeten ICs jeweils nur die Hälfte benötigt wird, reichen sie auch noch für ein zweites Zusatzlaufwerk aus. Die Eingänge von N1 müssen dann allerdings mit SEL2 verbunden werden (Pin 9 am externen Floppystecker). Damit die CHNG-Leitung einwandfrei funktioniert, müssen bei manchen Laufwerken einige Jumper umgesteckt werden. Näheres dazu entnimmt man am besten dem Handbuch des Laufwerks. Als Beispiel sei die FD1035 von NEC genannt, bei ihr muß man den mit J1 bezeichneten Jumper kurzschließen.

1.3.6 Die Game-Ports

Die Pinbelegung der Gameports



9-Pin D-SUB-Stecker

Abbildung 1.3.6

Verwendung als:

		Maus-Port	Joystick	Paddle	LightPen
Eingang	1	V-Impulse	Oben	Unbenutzt	Unbenutzt
Eingang	2	H-Impulse	Unten	Unbenutzt	Unbenutzt
Eingang	3	VQ-Impulse	Links	Linker Knopf	Unbenutzt
Eingang	4	HQ-Impulse	Rechts	Rechter Knopf	Unbenutzt
Ein/Aus	5	(Knopf 3)	Unbenutzt	Rechtes Poti	Knopf
Ein/Aus	6	Knopf 1	Feuerknopf	Unbenutzt	LP-Signal
	7	+5 Volt	+5 Volt	+5 Volt	+5 Volt
	8	GND	GND	GND	GND
Ein/Aus	9	Knopf 2	Unbenutzt	Linkes Poti	Unbenutzt

Die Game-Ports sind Eingänge für die neben der Tastatur üblichen Eingabegeräte wie Maus, Joystick, Trackball, Paddle oder Lightpen. Es gibt zwei Game-Ports, der linke wird mit Game-Port 0 und der rechte mit Game-Port 1 bezeichnet. Die Belegung beider Game-Ports ist identisch. Lediglich die LP-Leitung ist nur bei Game-Port 0 vorhanden. Intern sind die Game-Ports mit CIA-A, Agnus, Denise und Paula verbunden. Im einzelnen sind die Pins folgendermaßen verschaltet:

Game-Port 1:

Nr.	Chip	Pin
1	Denise	M0V (über Multiplexer)
2	Denise	M0H (über Multiplexer)
3	Denise	M1V (über Multiplexer)
4	Denise	M1H (über Multiplexer)
5	Paula	P0Y
6	CIA-A	PA6
sowie	Agnus	LP beim A1000
9	Paula	P0X

Game-Port 1:

1	Denise	M0V (über Multiplexer)
2	Denise	M0H (über Multiplexer)
3	Denise	M1V (über Multiplexer)
4	Denise	M1H (über Multiplexer)
5	Paula	P1Y
6	CIA-A	PA7
sowie	Agnus	LP beim A500
9	Paula	P1X

Die Funktion des oben erwähnten Multiplexers ist in Kapitel 1.2.3.2 schon erläutert worden. Die Belegungen für die verschiedenen Eingabegeräte wurden so gewählt, daß fast alle handelsüblichen Joysticks, Mäuse, Paddles und Lightpens verwendet werden können. Es ist also z.B. möglich, Lightpens vom C64 weiterzuverwenden. Dabei ist die mit "Knopf" bezeichnete Leitung meist ein Schalter, der gedrückt wird, wenn man mit dem Lightpen den Schirm berührt.

Die LP-Leitung ist das eigentliche Lightpen-Signal, das von der Elektronik des Griffels erzeugt wird, wenn der Elektronenstrahl an seiner Spitze vorbeiläuft. Beim A1000 war die Lightpen-Leitung mit Game-Port 0 verbunden. Dies hatte den Nachteil, daß man immer die Maus aus- oder umstecken mußte, wenn man einen Lightpen benutzen wollte. Beim A500 ist sie daher jetzt mit Port 1 verbunden. Die Wahl hat, wer Besitzer eines A2000 ist. Dort kann man mit Jumper J200 wählen, wohin der Lightpen gehört. Voreingestellt ist hier, wie beim A500, Port 1 (Jumper-Pins 2 und 3).

Alle mit "Knopf" bezeichneten Leitungen und die vier Richtungen bei Joystick-Betrieb sind low-aktiv. In den verschiedenen Eingabegeräten befinden sich Schalter, die mit dem entsprechenden Eingang und Masse (GND) verbunden sind. Ein High-Signal am Eingang bedeutet offener Schalter, ein geschlossener Schalter ruft dagegen low hervor.

An die mit P0X, P0Y, P1X und P1Y bezeichneten Analogeingänge können veränderliche Widerstände, sog. Potentiometer, angeschlossen werden. Ihr Wert sollte 470 KOhm betragen. Sie werden zwischen +5 Volt und den entsprechenden Eingang geschaltet.

Die beiden Feuerknopf-Leitungen, die mit dem CIA-A verbunden sind, können natürlich auch als Ausgang programmiert werden. Allerdings muß man bei einem Schreibzugriff auf das Portregister aufpassen, daß man das unterste Port-Bit nicht überschreibt, da dies einen Systemzusammenbruch zur Folge hat (PA0:OVL).

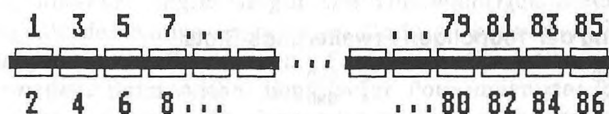
Die genaue Abfrage der Game-Port-Leitungen wird im Kapitel über die Programmierung der Custom-Chips erläutert.

Die +5-Volt-Spannung an den beiden Game-Ports ist nicht direkt mit der Betriebsspannung des Amiga verbunden. Man hat eine Strombegrenzungsschaltung dazwischen geschaltet. Sie begrenzt den kurzzeitigen Spitzenstrom auf 700 mA und den Dauerkurzschlußstrom auf 400 mA. Das macht diesen Ausgang absolut kurzschlußfest. Damit die Spannung an den beiden +5-Volt-Pins nicht zu stark abfällt, sollte die Stromentnahme an beiden Ports zusammen 250 mA nicht übersteigen. Leider hat man diese sinnvolle Schutzschaltung beim A500 und A2000 eingespart.

1.3.7 Der Expansion-Port und die A2000-Slots

Die Belegung des Expansion-Ports

Die Pinbelegung des Expansionport



86-poliger Platinenstecker A500 & A1000

Abbildung 1.3.7

1	GND	2	GND
3	GND	4	GND
5	+5 Volt	6	+5 Volt
7	frei	8	-5 Volt
9	Frei A2000:28Mhz	10	+12 Volt
11	Frei A2000-B:/COPCFG	12	CONFIG IN, mit GND verbunden
13	GND	14	/C3
15	CDAC	16	/C1
17	/OVR	18	XRDY
19	/INT2	20	f. A1000:PALOPE A2000-B:/BOSS
21	A5	22	/INT6
23	A6	24	A4
25	GND	26	A3
27	A2	28	A7
29	A1	30	A8
31	FC0	32	A9
33	FC1	34	A10
35	FC2	36	A11
37	GND	38	A12
39	A13	40	/IPL0
41	A14	42	/IPL1
43	A15	44	/IPL2
45	A16	46	/BERR
47	A17	48	/VPA
49	GND	50	E
51	/VMA	52	A18
53	/RES	54	A19
55	/HLT	56	A20
57	A22	58	A21
59	A23	60	/BR A2000-B: /CBR
61	GND	62	/BGACK
63	PD15	64	/BG A2000-B: /CBG

65	PD14	66	/DTACK
67	PD13	68	/PRW
69	PD12	70	/LDS
71	PD11	72	/UDS
73	GND	74	/AS
75	PD0	76	PD10
77	PD1	78	PD9
79	PD2	80	PD8
81	PD3	82	PD7
83	PD4	84	PD6
85	GND	86	PD5

Die Belegung der 100poligen Erweiterungs-Slots

1	GND	2	GND
3	GND	4	GND
5	+5 Volt	6	+5 Volt
7	/OWN	8	-5 Volt
9	/SLAVEn	10	+12 Volt
11	/CFGOUTn	12	CFGINn
13	GND	14	/C3
15	CDAC	16	/C1
17	/OVR	18	XRDY
19	/INT2	20	-12 Volt
21	A5	22	/INT6
23	A6	24	A4
25	GND	26	A3
27	A2	28	A7
29	A1	30	A8
31	FC0	32	A9
33	FC1	34	A10
35	FC2	36	A11
37	GND	38	A12
39	A13	40	/EINT7
41	A14	42	/EINT5
43	A15	44	/EINT4
45	A16	46	/BERR
47	A17	48	/VPA
49	GND	50	E
51	/VMA	52	A18
53	/RES	54	A19
55	/HLT	56	A20
57	A22	58	A21
59	A23	60	/BRn
61	GND	62	/BGACK
63	PD15	64	/BGn
65	PD14	66	/DTACK
67	PD13	68	/PRW
69	PD12	70	/LDS
71	PD11	72	/UDS
73	GND	74	/AS
75	PD0	76	PD10
77	PD1	78	PD9
79	PD2	80	PD8
81	PD3	82	PD7
83	PD4	84	PD6

85	GND	86	PD5
87	GND	88	GND
89	GND	90	GND
91	GND	92	7MHz
93	DOE	94	/BUSRST
95	/BG A2000-B:/GBG	96	/EINT1
97	Frei	98	Frei
99	GND	100	GND

Ein kleines "n" steht für die Nummer des Expansion-Slots von 1 - 5.

Am Expansion-Port liegen so gut wie alle wichtigen Steuerleitungen und Bussignale des Amiga-Systems an. Dadurch können an ihm RAM-Erweiterungen, neue Prozessoren, Festplatten-Controller usw. angeschlossen weden. Beim A1000 liegt dieser Port neben den beiden Game-Ports hinter einer leicht abnehmbaren Plastikschutzkappe verborgen. Beim A500 hat man ihn genau gegenüber plaziert, d.h. auf der von vorne gesehen linken Gehäuseseite. Er ist in Form eines 86-poligen Platinensteckers ausgeführt. Der Abstand zwischen den einzelnen Pins beträgt 1/10 Zoll, das sind 2,54 mm. Eine dafür passende Buchse dürfte derzeit nicht leicht zu finden sein.

Beim A2000 gibt es zwei verschiedene Busanschlüsse. Einmal den MMU-Connector, der weitgehend obiger Belegung entspricht (siehe Klammern) und die 5 100poligen Amiga-Steckplätze (auch Zorro-Bus genannt). Diese sechs Steckplätze befinden sich im A2000 auf der Hauptplatine innerhalb des Gehäuses. Sie sind als 86polige bzw. 100polige Buchsen für Platinenstecker ausgeführt. Der Kontaktabstand beträgt ebenfalls 2,54 mm. Die meisten Signale am Expansion-Port sind direkt mit den entsprechenden Leitungen des 68000 verbunden. Die Funktion der Leitungen kann man im Kapitel 1.2.1 nachlesen.

Es sind folgende Signale:

A0 - A23	Adreßbus
PD0 - PD15	Prozessordatenbus
IPL0 - IPL2	Prozessor-Interrupt-Leitungen
FC0 - FC2	Function-Code-Leitungen des 68000
AS, UDS, LDS, PRW, DTACK, VMA, VPA	Bussteuersignale
RES, HLT, BERR, BG, BGACK, BR, E	Sonstige Steuersignale des 68000

Die übrigen Signale haben folgende Funktionen:

INT2 und INT6

Diese beiden Leitungen sind mit den gleichnamigen Pins von Paula verbunden. Mit ihnen kann ein Interrupt der Ebene 2 bzw. 6 hervorgerufen werden.

CDAC, C1, C3 und beim A2000 noch 28M

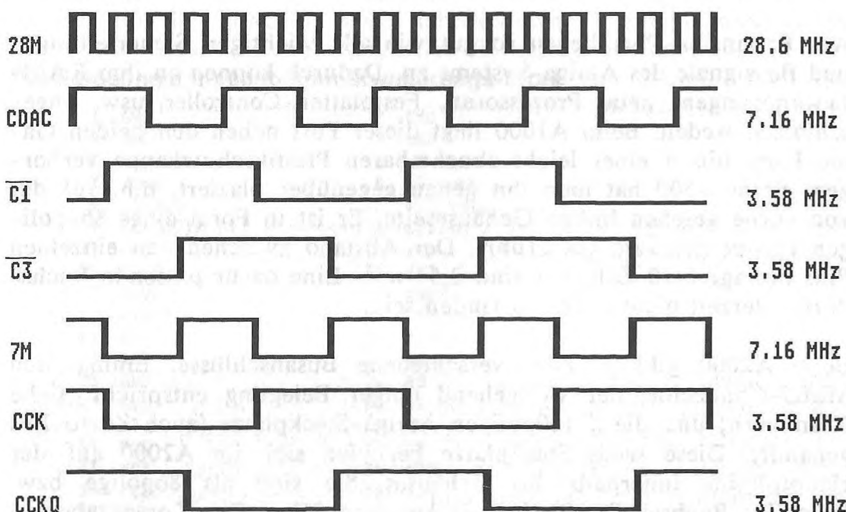


Abbildung 1.3.7.1

Dies sind die verschiedenen Taktsignale des Amiga. Ihre Frequenz und Phasenlage kann man am besten aus der Abbildung entnehmen. Beim A2000 liegt auch noch der Haupttakt des Amiga, die 28.64-MHz-Quarzfrequenz, am Expansion-Port an. Die ebenfalls in der Abbildung eingezeichneten Taktsignale 7M, CCK und CCKQ gibt es nicht am Expansion-Port. 7M ist der Takt des 68000, und CCK und CCKQ sind mit den Custom-Chips verbunden.

PALOPE
Dieses Signal existiert ausschließlich beim A1000 und war für ROM-Erweiterungen vorgesehen. Bei allen neuen Modellen hat man dieses Konzept unter den Tisch fallen lassen.

CONFIG IN
Diese Leitung signalisiert der angeschlossenen Karte, daß sie mit ihrem Autokonfigurationsprozeß an der Reihe ist. Da eine Karte im Expansion-Slot immer die erste Erweiterungskarte ist, liegt ihre CONFIG-IN-Leitung immer auf Masse. In Kapitel 4 kann man eine Beschreibung der Autokonfigurationsarchitektur des Amiga finden.

/OVR
Mit /OVR low läßt sich das von Gary erzeugte DTACK-Signal für den Bereich von $200000 bis $9FFFFF abschalten.

/XRDY
Dieses Signal erfüllt einen ähnlichen Zweck wie /OVR. Legt man /XRDY weniger als 60 Nanosekunden nach dem /AS auf low, verzögert Gary das /DTACK Signal, bis /XRDY wieder auf high geht. Dadurch können auch langsame Erweiterungskarten angeschlossen werden, die nicht in der Lage sind, ohne Waitstates zu antworten.

Die mit "frei" bezeichneten Leitungen sind nicht belegt. Viele der Leitungen, die beim A1000 noch frei waren, haben bei den A2000-Modellen inzwischen Verwendung gefunden.

Einige Signale des Expansion-Ports sind beim A2000-B etwas anders verschaltet als sonst. Es sind: /COPCFG (Pin 11), /BOSS (Pin 20), /CBR (Pin 60) und /CBG (Pin 64). /COPCFG steht für COProzessor ConFiGuration. Diese Leitung ermöglicht es, auch im A2000-B eine selbstkonfigurierende Erweiterungsplatine in den Expansion-Slot zu stecken. Beim A2000-A ist eine Autokonfiguration im Expansion-Slot nicht möglich. Näheres dazu wie gesagt im Kapitel 4. Mit den anderen drei Leitungen hat es folgende Bewandtnis: Der Expansion-Slot im Amiga 2000 ist hauptsächlich als Coprozessor-Slot gedacht. Er soll zum Beispiel die von Commodore entwickelte 68020-Karte aufnehmen können. Optimal wäre es nun, wenn ein solcher Coprozessor das System so vollständig übernehmen würde, daß alle vorhandenen Erweiterungskarten unverändert weiterarbeiten könnten. Beim A2000-A ist

dies bis auf eine Ausnahme möglich: Hat der Coprozessor das System übernommen, sind keine DMA-Zugriffe von Seiten einer Slot-Karte mehr möglich. Woran liegt das?

Grund dafür ist das DMA-Konzept des 68000-Prozessors. Will in einem 68000-System ein anderer Chip die Kontrolle über Adreß- und Datenbus sowie die Kontrollsignale übernehmen, kann er sich der drei Leitungen /BR (BusRequest), /BG (BusGrant) und /BGACK (BusGrantAcknowledge) des 68000 bedienen. Zuerst legt er /BR auf low, um anzuzeigen, daß er den Bus will. Sobald der 68000 meint, daß er den Bus jetzt freigeben könnte, antwortet er mit /BG low. Ist der Bus vollkommen frei, d.h. /AS und /Dtack sind high, setzt der Baustein, der den Bus will, /BGACK auf low und sagt damit, daß er jetzt Busmaster ist. Hat ein Coprozessor auf diese Weise den Bus übernommen, kann eine andere Erweiterungskarte keinen DMA mehr ausführen, da diese /BGACK low sieht und daher denkt, daß gerade ein anderer DMA-Baustein arbeitet.

Man muß also einen Weg finden, der dafür sorgt, daß der Coprozessor zwar wie ein DMA-Baustein den Bus übernehmen kann, dann aber für die restlichen Erweiterungskarten wie der normale Prozessor, und nicht wie ein DMA-Baustein wirkt.

Man hat bei dem A2000-B das Problem folgendermaßen gelöst: Der Coprozessor startet seine Übernahme nicht mit /BR, sondern mit /CBR. Dieses Signal geht über den Buster-Chip, der beim A2000-B die Slots steuert, erst einmal zum 68000. Dieser antwortet wie immer mit /BG, welches vom Buster als /CBG zum Coprozessor weitergegeben wird. Dieser signalisiert seine Busübernahme statt mit /BGACK jetzt mit /BOSS. Diese Leitung ist nicht, wie /BGACK, mit den anderen Slots verbunden, geht aber über eine Oderverknüpfung zusammen mit /BGACK zum Prozessor, dieser erkennt also /BOSS als normalen /BGACK und schaltet sich ab. Sobald Buster /BOSS low sieht, schaltet er die Datenrichtung für /CBR und /CBG um. Statt vom Coprozessor zum Prozessor geht es jetzt von den Slots zum Coprozessor. Ein DMA-Controller in einem der Slots kann jetzt ganz normal über /BR -> /BG -> /BGACK den Bus vom Coprozessor übernehmen und auch wieder an diesen zurückgeben. Der Coprozessor hat also die Funktion des eingebauten 68000 vollständig übernommen. Will der Coprozessor die Kontrolle wieder abgeben, braucht er lediglich /BOSS wieder auf high zu legen.

Die Belegung der 100poligen Slots ist ähnlich derjenigen des Expansion-Ports. Es gibt wieder alle wichtigen Signale vom 68000:

A0 - A23	Adreßbus
PD0 - PD15	Prozessordatenbus
FC0 - FC2	Function-Code-Leitungen des 68000
AS, UDS, LDS, PRW, DTACK, VMA, VPA	Bussteuersignale
RES, HLT, BERR, E	Sonstige Steuersignale des 68000

Allerdings sind außer DTACK, VPA, VMA, RES, HLT, BERR und E sämtliche Signale gepuffert, d.h. sie sind nicht direkt, sondern über Treiber-Bausteine vom Typ 74LS245 mit dem Prozessor verbunden.

Die restlichen Signale haben folgende Funktion:

/BUSRES
Gepuffertes Reset-Signal. Während der Amiga mit der RES-Leitung auch von einer Slot-Karte aus zurückgesetzt werden kann, ist die /BUSRES-Leitung nur zum Zurücksetzen der Slot-Karten gedacht. Normalerweise hat man nicht vor, den Amiga von einer Slot-Karte aus zurückzusetzen und sollte daher die /BUSRES-Leitung benutzen, um die direkt mit dem 68000 verbundene /RES-Leitung nicht unnötig zu belasten.

/SLAVEn
Jeder Slot hat seine eigene /SLAVE-Leitung. Eine Erweiterungskarte muß /SLAVE auf low legen, sobald sie eine für sie gültige Adresse erkannt hat, damit die Daten- und Adreßpuffer korrekt geschaltet werden können. Wenn mehr als eine Slot-Karte SLAVE auf low legt, erzeugt der Buster einen Busfehler. Das gleiche gilt, wenn sich eine Karte außerhalb des Bereichs von $20000 bis $9FFFFF und $E80000 und $EFFFFF mit SLAVE low meldet.

/CFGIN und /CFGOUT
Die Config-Out-Leitung eines Slots ist immer mit der Config-In-Leitung des nächsten verbunden. Jede Karte wird konfiguriert, sobald die /CFGIN-Leitung ihres Slots low ist. Ist die Autokonfiguration beendet, legt sie ihren /CFGOUT-Ausgang auf low, um der Karte im nächsten Slot die Konfiguration zu erlauben (siehe Kapitel 4)

DOE
Dieses Signal kommt vom Buster und sagt der aktiven Erweiterungskarte, daß sie ihre Datentreiber aktivieren darf. Damit werden Datenkollisionen verhindert.

/BRn, /BGn und /BGACK
Mit diesen Leitungen kann eine Slot-Karte den Bus übernehmen, also zum DMA-Controller werden. Diese Fähigkeit wird z.B. von einem schnellen Harddisk-Controller benötigt. Der prinzipielle Ablauf der Busübernahme wurde in diesem Kapitel ja schon beschrieben, die Reihenfolge lautet: /BR -> /BG -> /BGACK. Was passiert aber, wenn mehrere Karten /BR zum gleichen Zeitpunkt auf low legen? Um dabei Probleme zu verhindern, hat jeder Slot seine eigenen /BR- und /BG-Signale. Wenn mehrere Slots ihre /BR-Signale gemeinsam aktivieren, zieht Buster den Slot mit der niedrigsten Nummer vor, also denjenigen, der dem Coprozessor-Slot am nächsten liegt, und gibt den /BR an den 68000 (oder einen mittels /BOSS aktivierten Coprozessor beim A2000-B) weiter. Dessen Antwort in Form des /BG wird vom Buster nur an diesen Slot zurückgegeben, wodurch dieser zum Busmaster avanciert und /BGACK auf low legt. Die anderen Slots, die ebenfalls ihr /BR auf low gelegt haben, müssen warten, bis der gerade aktive seinen DMA beendet hat.

/OWN
Diese Leitung muß eine Slot-Karte auf low legen, wenn sie, wie oben beschrieben, Busmaster geworden ist. Dies ist notwendig, um die Richtung der Daten- bzw. Adreßpuffer umzukehren, da der Busmaster, der die Adressen erzeugt, jetzt auf der anderen Seite der Puffer sitzt.

/BG bzw. /GBG beim A2000-B
Dies ist der original /BG vom Prozessor. Beim A2000-B, je nachdem, ob ein Coprozessor die Rolle des 68000 übernommen hat, kommt er entweder vom Prozessor oder vom Coprozessor. Mittels dieses Bus-Grant-Signals kann eine Slot-Karte entscheiden, ob der Prozessor den Bus besitzt oder gerade ein DMA stattfindet.

Die Interrupt-Leitungen /EINT1, /EINT4, /EINT5 und /EINT7
Diese Leitungen lösen einen Interrupt der entsprechenden Ebene aus. Dieser kann nicht, wie bei den /INT2- und /INT6-Leitungen des Expansion-Ports, über Paula abgeschaltet werden.

1.3.8 Stromversorgung über die Schnittstellen

An sämtlichen Anschlußbuchsen liegen eine oder auch mehrere der drei Betriebsspannungen des Amiga an. Es ist dadurch möglich, Peripheriegeräte über die entsprechende Schnittstelle mit Strom zu versorgen. Allerdings muß man Rücksicht auf die maximale Belastbarkeit der Anschlüsse nehmen. Folgende Tabelle gibt die von Commodore empfohlenen Höchstbelastungen beim A1000 wieder:

Schnittstelle	+5 Volt	+12 Volt	-5 Volt
TV-Mod-Buchse	-	60 mA	-
RGB-Buchse	300 mA	175 mA	50 mA
RS232-Buchse	100 mA	50 mA	50 mA
Ext. Disk	270 mA	160 mA	-
Centronics	100 mA	-	-
Expansion-Port	1000 mA	50 mA	50 mA
Game-Port 0	125 mA	-	-
Game-Port 1	125 mA	-	-

Diese Tabelle kann allerdings nur als grobe Richtlinie angesehen werden. Erstens gelten die angegebenen Werte nur dann, wenn auch wirklich alle Ports gleichzeitig entsprechend belastet werden. Ist z.B. der Expansion-Port unbelegt, stehen die zusätzlichen 1000 mA an den anderen +5-Volt-Anschlüssen zur Verfügung. Ist in einer bestimmten Systemkonfiguration sicher, daß einige Ports frei bleiben, erhöht sich dementsprechend die Belastbarkeit der anderen Ausgänge. Selbstverständlich kann man auch die Gewaltmethode anwenden und solange Expansion-Port-Platinen anschließen, bis das Netzteil abschaltet. Wie (meist unfreiwillige) Kurzschlußversuche gezeigt haben, schadet ihm dies nicht weiter. Allerdings muß jeder selbst die Verantwortung für solche Experimente übernehmen. Vor allem bei den +5 Volt ist Vorsicht geboten. Bei einem Kurzschluß können Ströme von mehr als 8 Ampere fließen.

Zweitens gilt die obige Tabelle nur für den A1000. Man kann sie nicht auf den A500 oder A2000 übertragen, da die Netzteile dieser Computer unterschiedlich dimensioniert sind. Beim A500 ist die Belastbarkeit des Netzteils geringer. Man sollte bei stromfressenden Erweiterungen am Expansion-Port (RAM-Karten etc.) ein Zusatznetzteil benutzen.

Die Stromversorgung des A2000 ist kräftiger als die des A1000. Sie muß ja auch in der Lage sein, sämtliche zusätzlichen Amiga- und IBM-Steckkarten zu versorgen.

Noch ein entscheidender Unterschied des A500-Netzteils gegenüber dem des A1000 ist die negative Versorgungsspannung. Sie beträgt nämlich -12 statt -5 Volt wie beim A1000. D.h. überall, wo in diesem Buch -5 Volt angegeben sind, müssen A500-Besitzer mit -12 Volt rechnen.

1.4 Die Tastatur

ESC 45	F1 50	F2 51	F3 52	F4 53	F5 54	F6 55	F7 56	F8 57	F9 58	F10 59	DEL 46			
~ ` 00	! 1 01	@ 2 02	" 3 03	$ 4 04	% 5 05	^ 6 06	& 7 07	* 8 08	(9 09	) 0 0A	_ - 0B	+ = 0C	| 0D	BACK SPACE 41
TAB 42	Q 10	W 11	E 12	R 13	T 14	Y 15	U 16	I 17	O 18	P 19	{ [1A	}] 1B	44	HELP 5F
CTRL 63	CAPS LOCK 62	A 20	S 21	D 22	F 23	G 24	H 25	J 26	K 27	L 28	: ; 29	" ' 2A	RETURN	↑ 4C
SHIFT 60	30	Z 31	X 32	C 33	V 34	B 35	N 36	M 37	< , 38	> . 39	? / 3A	SHIFT 61	← 4F	→ 4E
ALT 64	A 66	40	A 67	ALT 65	↓ 4D									

7 3D	8 3E	9 3F
4 2D	5 2E	6 2F
1 1D	2 1E	3 1F
0 0F		. 3C
- 4A	ENTER 43	

Amerikanische ASCII-Tastatur

ESC 45	F1 50	F2 51	F3 52	F4 53	F5 54	F6 55	F7 56	F8 57	F9 58	F10 59	DEL 46	RETURN		
] [00	1 01	2 02	3 03	4 04	5 05	6 06	7 07	8 08	9 09	0 0A	ß 0B	` ' 0C	| \ 0D	BACK SPACE 41
TAB 42	Q 10	W 11	E 12	R 13	T 14	Z 15	U 16	I 17	O 18	P 19	ü 1A	* + 1B	↵ 44	5F
CTRL 63	CAPS LOCK 62	A 20	S 21	D 22	F 23	G 24	H 25	J 26	K 27	L 28	ö 29	ä 2A	^ # 2	↑ 4C
SHIFT 60	> < 30	Y 31	X 32	C 33	V 34	B 35	N 36	M 37	; , 38	: . 39	= 3A	SHIFT 61	← 4F	→ 4E
ALT 64	A 66	40	A 67	ALT 65	↓ 4D									

7 3D	8 3E	9 3F
4 2D	5 2E	6 2F
1 1D	2 1E	3 1F
0 0F		. 3C
- 4A	ENTER 43	

Deutsche Tastatur

Abb. 1.4.1

Die Amiga-Tastatur ist eine sogenannte intelligente Tastatur. Sie besitzt einen eigenen Mikroprozessor, der die zeitaufwendige Abfrage der einzelnen Tasten übernimmt und dem Amiga die fertigen Tasten-Codes liefert. Es gibt inzwischen verschiedene Ausführungen und Belegungen der Amiga-Tastatur, aber sie unterscheiden sich nur durch einige neu hinzugekommene Tasten und damit auch Tasten-Codes. Die Abbildung zeigt die Belegung und die zugehörigen Tasten-Codes sowohl der deutschen als auch der amerikanischen ASCII-Version. Wie man sieht, entsprechen die Codes nicht dem ASCII-Standard. Die Tastatur liefert lediglich sogenannte RAW-Key-Codes ("Rohe Tastatur-Codes"), die dann vom Amiga Betriebssystem mit Hilfe einer Übersetzungstabelle, der Keymap, in ASCII-Codes verwandelt werden.

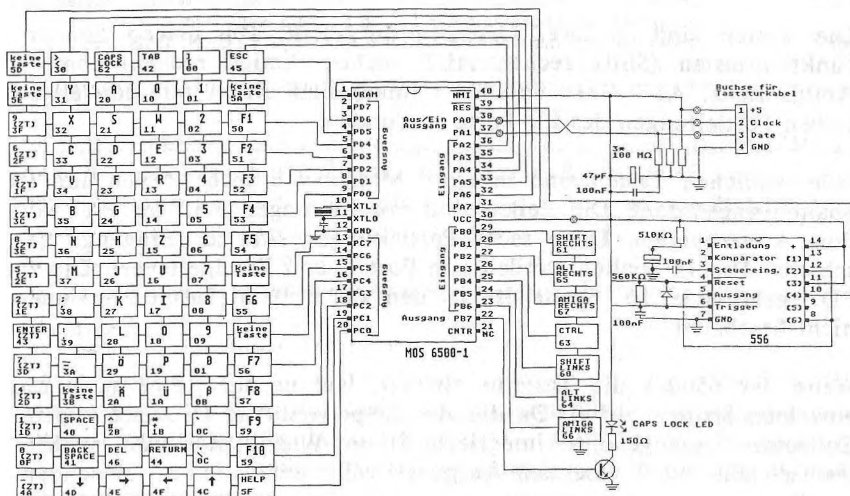
Trotzdem gibt es ein System in der Verteilung der RAW-Key-Codes:

$00-$3F	**Codes der Buchstaben-, Ziffern- und Sonderzeichentasten. Verteilung entspricht der Anordnung der Tasten auf dem Keyboard.**
$40-$4F	**Codes der üblichen Sondertasten wie SPACE, RETURN, TAB usw.**
$50-$5F	**Funktionstasten und HELP.**
$60-$67	**Tasten zur Tastaturebenenwahl (Shift, Amiga, Alternate und Control).**

Der Tastaturprozessor kann allerdings noch mehr. Er unterscheidet nämlich zwischen dem Drücken und Loslassen einer Taste. Wie man sieht, sind sämtliche Tastatur-Codes lediglich 7 Bit breit (Wertebereich von $00 bis $7F). Das achte Bit ist das KEYup/down-Flag. Es wird von der Tastatur dazu verwendet, um dem Computer anzuzeigen, ob die Taste gerade gedrückt oder losgelassen wurde. Ist das achte Bit 0, bedeutet dies, daß die Taste gerade gedrückt wurde (KEYdown). Ist es auf 1, wurde sie losgelassen (KEYup). Dadurch weiß der Amiga stets, welche Tasten gerade gedrückt sind. Man kann die Tastatur damit auch für Zwecke benutzen, die das gleichzeitige Niederhalten verschiedener Tasten erfordern. Dies sind z.B. Musikprogramme, die die Tastatur zum polyphonen Spielen verwenden wollen.

Eine Ausnahme bildet die CAPS-LOCK-Taste. Die Tastatur simuliert bei ihr einen einrastenden Schalter. Drückt man sie das erste Mal, rastet sie ein, und die Leuchtdiode geht an. Erst wenn man sie ein zweites Mal betätigt, rastet sie wieder aus, und die Leuchtdiode verlöscht. Diesem Verhalten trägt das KEYup/down-Flag Rechnung. Betätigt man CAPS-LOCK, leuchtet die LED auf, und der Tasten-Code für CAPS-LOCK wird zusammen mit einem gelöschten 8. Bit zum Computer gesandt, um anzuzeigen, daß die Taste jetzt gedrückt ist. Läßt man die Taste wieder los, wird kein KEYup-Code gesendet, und die LED leuchtet weiter. Erst wenn man CAPS-LOCK ein weiteres Mal niederdrückt, wird ein KEYup-Code ausgegeben (gesetztes achtes Bit), und die LED verlöscht.

1.4.1 Die Schaltung der Tastaturplatine



Die Tastenbelegungen beziehen sich auf die DIN-Tastatur
(ZT) bedeutet Zehnertastatur
Alle Tastencodes sind hexadezimal angegeben

Abb. 1.4.2

Kern der Tastaturschaltung ist der Mikroprozessor 6500/1. Der 6500/1 ist ein sogenannter Ein-Chip-Mikrocomputer. Er enthält auf einem Chip alle Komponenten, die ein einfaches Computersystem zum Arbeiten benötigt. Das Herz des 6500/1 ist ein Mikroprozessor vom Typ 6502 (Aha!). Dazu kommen noch 2 KByte ROM mit dem Steuerprogramm, 64 Bytes statisches RAM, 4 bidirektionale 8-Bit-Ports, ein 16-Bit-Zähler mit eigenem Steuereingang und ein Taktgenerator.

Zum Betrieb benötigt der 6500/1 nur noch seine Betriebsspannung von 5 Volt und ein Quarz für die Takterzeugung. In der Amiga-Tastatur wird der 6500/1 mit einem 3-MHz-Quartz betrieben. Da diese Frequenz intern noch durch zwei geteilt wird, beträgt die Taktfrequenz 1.5 MHz.

Das zweite Chip auf der Tastaturplatine ist ein sogenannter Präzisionszeitgeber vom Typ 556. Genaugenommen befinden sich zwei dieser Präzisionszeitgeber in dem Baustein. Der 556 erzeugt zusammen

mit den paar Bauteilen um ihn herum das Reset-Signal für den 6500/1.

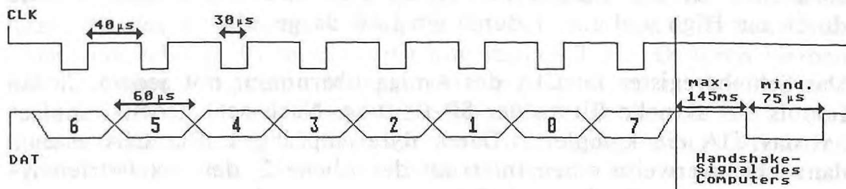
Die Tasten sind in zwei Gruppen aufgeteilt. Die sieben Sonderfunktionstasten (Shift rechts, ALT rechts, Amiga rechts, Control, Amiga links, ALT links und Shift links) sind direkt mit den ersten sieben Portleitungen des PB-Ports verbunden.

Alle restlichen Tasten sind in einer Matrix von sechs Zeilen auf 15 Spalten angeordnet. Die Zeilen sind mit Leitungen PA2 bis PA7 von Port A verbunden. Diese sechs Portleitungen sind als Eingänge geschaltet. Die 15 Spalten werden von Port C und D angesteuert. Die zu PD7 gehörende 16. Spalte ist in den derzeitigen Tastaturversionen nicht beschaltet.

Wenn der 6500/1 die Tastatur abfragt, legt er der Reihe nach die einzelnen Spalten auf 0. Da die Ausgänge von Port C und D Open-Collector-Ausgänge ohne integrierte Pullup-Widerstände sind, verhalten sich alle auf 1 gesetzten Ausgänge vollkommen inaktiv. Nachdem der Prozessor also eine Spalte auf 0 gelegt hat, fragt er die 6 Zeilen ab. Die sechs Zeilen-Eingänge sind mit internen Pullup-Widerständen versehen, so daß alle nicht gedrückten Tasten als High interpretiert werden. Jede gedrückte Taste verbindet immer eine Zeile mit einer Spalte. Sind in der vom 6500/1 gerade aktivierten Spalte Tasten gedrückt, werden die entsprechenden Zeileneingänge auf 0 gelegt. Nachdem alle Spalten einmal aktiviert und die zugehörigen Zeilen gelesen wurden, kennt der Prozessor den Zustand sämtlicher Tasten.

Hat sich dieser seit der letzten Abfrage verändert, sendet er die entsprechenden Tasten-Codes an den Computer.

1.4.2 Die Datenübertragung



Ausgabe des Datenbytes vom Tastaturprozessor

Abb. 1.4.3

Die Tastatur ist mit dem Amiga über ein vieradriges Spiralkabel verbunden. Zwei der Leitungen dienen dabei lediglich der Stromversorgung der Tastaturelektronik mit den nötigen 5 Volt. Die gesamte Datenübertragung läuft über die restlichen beiden Leitungen. Dabei dient die eine als Datenleitung KDAT und die andere als Taktleitung KCLK. Innerhalb des Amiga ist KDAT mit dem seriellen Eingang SP und KCLK mit dem CNT-Pin von CIA-A verbunden (siehe Kap. 1.2.2).

Die Datenübertragung ist unidirektional. Sie läuft immer von der Tastatur zum Amiga. Der 6500/1 legt dazu die einzelnen Daten-Bits auf die Datenleitung (KDAT), begleitet von 20 Microsekunden langen Low-Impulsen der Clock-Leitung (KCLK). Zwischen den einzelnen Clock-Impulsen liegen jeweils 40 Microsekunden lange Pausen. Das bedeutet, die Übertragungszeit für jedes Bit beträgt 60 Mikrosekunden (20 + 40). Dies ergibt bei 8 Bit 480 Mikrosekunden pro Byte oder umgerechnet eine Übertragungsgeschwindigkeit von 16666 Baud (Bits/Sekunde).

Nach der Ausgabe des letzten Bits erwartet die Tastatur einen Handshake-Impuls vom Computer. Der Amiga legt zu diesem Zweck die KDAT-Leitung für mindestens 75 Mikrosekunden auf Low.

Den genauen Verlauf kann man gut der Abbildung entnehmen.

Allerdings werden die Daten nicht in der üblichen Reihenfolge 7-6-5-4-3-2-1-0 gesendet, sondern vorher noch um eine Bit-Position nach links rotiert: 6-5-4-3-2-1-0-7. Z.B. wird aus dem Tasten-Code für "J"

mit gesetztem achten Bit = 10100110 nach dem Rotieren 01001101. Das KEYup/down-Flag wird dadurch immer zuletzt übermittelt.

Zusätzlich ist die Datenleitung noch Low-aktiv. D.h. eine 0 wird durch ein High und eine 1 durch ein Low dargestellt.

Das Schieberegister im CIA des Amiga übernimmt mit jedem Clock-Impuls das aktuelle Bit an der SP-Leitung. Nach acht Clock-Impulsen hat das CIA ein komplettes Daten-Byte empfangen. Das CIA erzeugt dann normalerweise einen Interrupt der Ebene 2, der das Betriebssystem dazu veranlaßt, folgende Schritte zu unternehmen:

- Lesen des seriellen Datenregisters des CIA.
- Invertieren und Rechtsrotieren des Bytes, um wieder den ursprünglichen Tasten-Code zu erhalten.
- Ausgabe des Handshake-Impulses.
- Interne Weiterverarbeitung des empfangenen Codes.

Synchronisation

Um eine fehlerfreie Datenübertragung durchführen zu können, muß das Timing von Sender und Empfänger übereinstimmen. Die Bit-Position bei der seriellen Übertragung muß bei beiden identisch sein. Sonst kann es passieren, daß das Keyboard alle acht Bits ausgegeben hat, während sich der serielle Port des CIAs noch irgendwo mitten im Byte befindet. Ein solcher Verlust der Synchronisation tritt immer dann auf, wenn man den Amiga einschaltet oder die Tastatur in einen bereits laufenden Amiga einsteckt. Der Computer hat keine Möglichkeit, eine fehlerhafte Synchronisation zu erkennen. Diese Aufgabe wird von der Tastatur übernommen.

Nach jedem ausgegebenen Byte wartet die Tastatur maximal 145 Millisekunden auf das Handshake-Signal. Trifft es nicht innerhalb dieses Zeitraums ein, nimmt der Tastaturprozessor an, daß ein Übertragungsfehler vorliegt, und leitet einen speziellen Modus ein, mit dem er versucht, die verlorene Synchronisation wiederzugewinnen. Dazu gibt er immer eine 1 auf der KDAT-Leitung zusammen mit einem Clock-Impuls aus und wartet dann wieder 145 ms auf das Synchronisationssignal. Dies wiederholt er solange, bis er ein Handshake-Signal vom Amiga empfängt. Damit ist die Synchronisation wieder hergestellt.

Allerdings ist das vom Amiga empfangene Daten-Byte fehlerhaft. Der Zustand der ersten sieben Bits ist ungewiß. Lediglich das zuletzt empfangene Bit ist sicher eine 1, da der Tastaturprozessor während des oben beschriebenen Vorgangs ja nur Einsen ausgibt. Da dieses letzte Bit das KEYup/down-Flag ist, ist der fehlerhafte Tasten-Code immer ein KEYup-Code, also eine losgelassene Taste. Dadurch bleiben die möglichen Programmstörungen geringer, als wenn es sich bei dem fehlerhaften Code um einen KEYdown-Code gehandelt hätte. Aus diesem Grund wird jedes Byte vor der Übertragung um ein Bit linksrotiert, damit das KEYup/down-Flag immer das zuletzt gesendete Bit ist.

Die Sonder-Codes

Es gibt noch einige Sonderfälle in der Übertragung, die die Tastatur dem Amiga mittels spezieller Tasten-Codes mitteilt. Folgende Tabelle enthält alle möglichen Sonder-Codes:

Code	Bedeutung
$F9	Letzter Tasten-Code war fehlerhaft
$FA	Tastenpuffer im Keyboard voll
$FC	Selbsttest der Tastatur war fehlerhaft
$FD	Beginn der beim Einschalten gedrückten Tasten
$FE	Ende der beim Einschalten gedrückten Tasten

$F9

Der Code $F9 wird von der Tastatur immer nach einem Verlust der Synchronisation und der darauf erfolgten Resynchronisation gesendet. Dadurch erfährt der Amiga, daß der letzte Tasten-Code fehlerhaft war. Nach diesem Code überträgt die Tastatur den verlorengegangenen Tasten-Code noch einmal.

$FA

Die Tastatur verfügt über einen internen Tastenpuffer von 10 Zeichen. Wenn dieser Puffer voll ist, sendet sie eine $FA zum Computer, um ihm zu signalisieren, daß er den Puffer leeren muß, wenn keine Tasten-Codes verlorengehen sollen.

$FC

Nach dem Einschalten führt der Tastaturprozessor einen Selbsttest aus. Man erkennt dies am kurzzeitigen Leuchten der CAPS-LOCK-LED.

Entdeckt er dabei einen Fehler, sendet er ein $FC an den Amiga und geht dann in eine Endlosschleife, in der er die LED blinken läßt.

$FD & $FE
War der Selbsttest erfolgreich, überträgt die Tastatur alle Tasten, die während des Einschaltens gedrückt waren. Um dem Computer dies mitzuteilen, beginnt er diese Übertragung mit dem Code $FD. Es folgen die Codes der während des Einschaltens gedrückten Tasten, und zum Abschluß wird noch ein $FE zum Amiga geschickt. Danach beginnt die normale Übertragung.

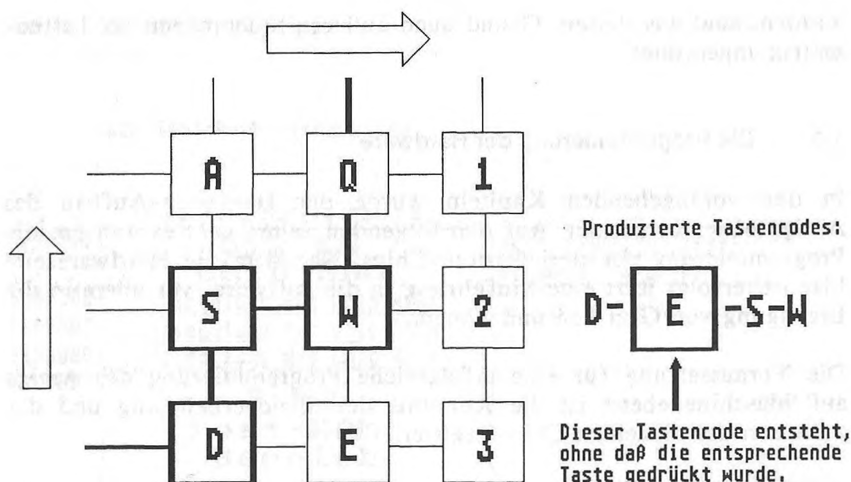
Waren keine Tasten gedrückt, werden $FD und $FE unmittelbar hintereinander gesendet.

Reset über die Tastatur

Die Tastatur hat auch noch die Möglichkeit, einen Reset des Amiga auszulösen. Drückt man beide Amiga-Tasten zusammen mit Control, legt der Tastaturprozessor die KCLK-Leitung für etwa 0.5 Sekunden auf Low. Dies veranlaßt die Reset-Schaltung im Amiga dazu, einen Prozessorreset auszulösen. Nachdem man mindestens eine der drei Tasten wieder losgelassen hat, führt die Tastatur auch selbst einen Reset aus. Man erkennt dies am Aufleuchten der CAPS-LOCK-LED. (Interessant ist, daß dieser Reset über die KCLK-Leitung ausgelöst wird, die ja intern mit der CNT-Leitung des CIA-A verbunden ist. Man kann also durch entsprechende Programmierung dieses CIAs softwaremäßig einen Hardware-Reset auslösen.)

1.4.3 Schwächen der Tastatur

Zum Abschluß noch eine Bemerkung zu den Schwächen des Keyboards. Bevor Sie weiterlesen, ein kleines Experiment: Drücken Sie die drei Tasten "A","Q" und TAB gemeinsam. Keine Angst, der Amiga ist nicht kaputt. Aber es ist doch erstaunlich, daß die CAPS-LOCK-LED aufleuchtet, ohne daß diese Taste gedrückt wurde. Dasselbe funktioniert mit allen anderen Tasten. Wenn man z.B. "S", "W" und "D" zusammen niederhält, wird mit hundertprozentiger Sicherheit auch noch ein "E" auf dem Bildschirm erscheinen.



Die Enstehung zusätzlicher Tastencodes

Abb. 1.4.4

Die Abbildung versucht diesen Sachverhalt verständlich zu machen. Jede gedrückte Taste stellt einen Kurzschluß zwischen einer Spalte und einer Zeile dar. Der Tastaturprozessor steuert eine Spalte an und fragt dann die einzelnen Zeilen ab. Die Pfeile zeigen die Richtung dieser Abfrage. Sie bestimmt die Reihenfolge, in der die gedrückten Tasten erkannt werden, wenn man sie simultan niederdrückt. Wenn jetzt die zum "E" gehörige Spalte angesteuert wird und der Prozessor die entsprechende Zeile abfragt, während "D", "W" und "S" betätigt sind, erkennt er einen Kurzschluß zwischen Zeile und Spalte, den er natürlich für eine gedrückte "E"-Taste hält. Tatsächlich wird dieser Kurzschluß aber von den drei anderen Tasten hervorgerufen, doch der Tastaturprozessor hat keine Möglichkeit, dies zu erkennen. Noch schöner wird es, wenn man fünf Tasten simultan betätigt. Bei der Kombination D, S, A, Q, 1 entstehen vier zusätzliche Codes, nämlich W, 2, E, 3.

Dieser Effekt tritt bei fast allen billigen Matrixtastaturen auf, er ist also nicht nur auf den Amiga beschränkt.

Man sollte deshalb keine Programme entwerfen, die solche Tastenkombinationen benötigen. Die Amiga-, Shift-, Alternate- und Control-Tasten, die meistens gemeinsam mit anderen Tasten betätigt

werden, sind aus diesem Grund auch außerhalb der normalen Tastenmatrix angeordnet.

1.5 Die Programmierung der Hardware

In den vorangehenden Kapiteln wurde der Hardware-Aufbau des Amiga näher betrachtet. Auf den folgenden Seiten geht es nun um die Programmierung der drei Custom-Chips. Nachdem die Hardwareseite klar ist, erfolgt jetzt eine Einführung in die Software, vor allem in die Erzeugung von Grafiken und Tönen.

Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Programmierung des Amiga auf Maschinenebene ist die Kenntnis der Speicherbelegung und der Adressen der einzelnen Chip-Register.

1.5.1 Die Speicherbelegung

Die Speicherkonfiguration

Normale Konfiguration

Adresse	Bereich	Hinweis
$000000	512 KB Chip-RAM	Spiegelung des jeweiligen Bereichs von $FC0000 - $FFFFFF
$080000	Spiegelung des Chip-RAMs	
$100000	Spiegelung des Chip-RAMs	
$180000	Spiegelung des Chip-RAMs	
$200000	8 MB Fast-RAM-Bereich	
$A00000	CIAs	Basisadresse von CIA-B Basisadresse von CIA-A
$C00000	A500 & A2000 512 KB Erweiterungsram	
$C80000	Leer	
$DC0000	A500 & A2000 Echtzeituhr	Basisadresse der Echtzeituhr
$DF0000	Customchips	Basisadresse der Customchips
$E00000	Leer	
$E80000	Bereich der Expansionslots	
$F00000	ROM-Module	
$F80000	256 KB Spiegelung des Kickstart-ROMs	
$FC0000	256 KB Kickstart-ROMs	

Abb 1.5.1

Die erste Grafik zeigt die normale Speicherkonfiguration des Amiga, wie sie sich nach dem Booten dem Programmierer präsentiert. Der gesamte Adreßbereich des 68000 umfaßt 16 Megabyte (Adressen von 0 bis $FFFFFF). Auf Grund seiner Größe ist es kein Wunder, daß weite Bereiche unbelegt sind oder manche Chips mehrfach an verschiedenen Adressen auftauchen. Es gab ja keinen Grund, mit Speicher zu geizen.

Die Zeiten des vielfachen Bankswitchings sind mit dem 68000 glücklicherweise vorbei.

Das RAM

Der mit Chip-RAM bezeichnete RAM-Bereich enthält den normalen Speicher des Amiga. Ist bei einem A1000 die Speichererweiterung nicht eingesteckt, reicht er nur bis $3FFFF. Diese 512 KByte heißen Chip-RAM, da die drei Custom-Chips nur auf diesen Bereich zugreifen können.

Es ist möglich, daß der Prozessor bei Speicherzugriffen auf das Chip-RAM durch die Aktivitäten der Custom-Chips gebremst wird. Will man dies verhindern, muß man seinen Amiga mit sogenanntem Fast RAM erweitern. Dieses liegt dann ab $200000 im Speicher und kann bis zu acht Megabyte einnehmen. Da die Custom-Chips auf diesen Bereich keinen Zugriff haben, kann der 68000 hier mit voller Geschwindigkeit arbeiten. Daher leitet sich auch der Begriff Fast RAM ab. Im Grundzustand enthält der Amiga allerdings noch keinerlei Fast RAM.

Die 512-KByte-Erweiterungskarte des A500 oder A2000 liegt von $C00000 bis $C7FFFF. Sie nimmt eine Sonderstellung ein. Sie ist sozusagen weder Fisch noch Fleisch, d.h. weder richtiges Chip-RAM noch Fast RAM. Einerseits haben die Custom-Chips keinen Zugriff auf diesen Speicherbereich, andererseits wird der Prozessor bei Zugriffen auf diesen RAM-Bereich trotzdem von den Custom-Chips gebremst. Diese RAM-Erweiterung kombiniert also die schlechten Eigenschaften sowohl des Chip-RAM als auch des Fast RAM, ohne deren positive zu übernehmen. Grund dafür ist allerdings nicht eine Bosheit der Amiga-Entwickler, sondern die Einfachheit dieser RAM-Erweiterung und damit deren billige Herstellungsmöglichkeit.

Die CIAs

Die verschiedenen Register der CIAs tauchen innerhalb des Bereichs von $A00000 bis $BFFFFF mehrfach auf. Genaueres über die Adressierung der CIAs kann man in Kapitel 1.2 nachlesen. Hier noch einmal die Adressen der einzelnen Register an ihren normalen Positionen:

CIA-A	CIA-B	Name	Funktion
$BFE001	$BFD000	PA	Portregister A
$BFE101	$BFD100	PB	Portregister B
$BFE201	$BFD200	DDRA	Datenrichtungsregister A
$BFE301	$BFD300	DDRB	Datenrichtungsregister B
$BFE401	$BFD400	TALO	Timer-A-Lo-Byte
$BFE501	$BFD500	TAHI	Timer-A-Hi-Byte
$BFE601	$BFD600	TBLO	Timer-B-Lo-Byte
$BFE701	$BFD700	TBHI	Timer-B-Hi-Byte
$BFE801	$BFD800	E. LSB	Eventcounter-Bits 0-7
$BFE901	$BFD900	E. MID	Eventcounter-Bits 8-15
$BFEA01	$BFDA00	E. MSB	Eventcounter-Bits 16-24
$BFEB01	$BFDB00	---	Unbenutzt
$BFEC01	$BFDC00	SP	Serielles Portregister
$BFED01	$BFDD00	IRC	Interrupt-Kontrollregister
$BFEE01	$BFDE00	CRA	Kontrollregister A
$BFEF01	$BFDF00	CRB	Kontrollregister B

Die Custom-Chips

Die verschiedenen Register der Custom-Chips nehmen einen Bereich von 512 Bytes ein. Jedes Register hat eine Breite von 2 Bytes (ein Wort). Aus diesem Grund liegen alle Register auf geraden Adressen.

Die Basisadresse des Registerbereichs liegt bei $DFF000. Die effektive Adresse beträgt demnach $DFF000 + Registeradresse. Die folgende Liste gibt die Namen und die Funktionen der einzelnen Chip-Register wieder. Es ist klar, daß die meisten Registerbeschreibungen unbekannt sind, da ja über die Funktion der verschiedenen Register noch nichts gesagt worden ist. Aber diese Liste soll auch nur einen Überblick vermitteln und zum Nachschlagen von Registeradressen dienen.

Es gibt vier verschiedene Registertypen:

r (Read)

Dieses Register kann nur gelesen werden.

w (Write)

Dieses Register kann nur beschrieben werden.

s (Strobe)

Ein Zugriff auf ein solches Register löst einen einmaligen Vorgang in dem entsprechenden Chip aus. Dabei ist der Wert des Datenbusses, also das Wort, das in das Register geschrieben werden soll, unerheblich. Diese Register werden gewöhnlich nur von Agnus angesprochen.

er (Early Read)

Ein mit Early Read bezeichnetes Register ist ein DMA-Ausgaberegister. Es enthält die Daten, die per DMA ins Chip-RAM geschrieben werden sollen. Es gibt lediglich zwei solcher Register (DSKDATR und BLTDDAT - Ausgaberegister von Blitter und Disk). Sie werden ausschließlich vom DMA-Controller in Agnus angesprochen, wenn ihr Inhalt ins Chip-RAM geschrieben werden soll. Der Prozessor kann auf diese Register nicht zugreifen.

A, D, P

Diese drei Buchstaben stehen für die drei verschiedenen Chips Agnus, Denise und Paula. Sie geben an, in welchem Chip das entsprechende Register untergebracht ist. Es kann auch möglich sein, daß ein Register in mehreren Chips untergebracht ist. Bei einem Schreibzugriff wird der Wert dann in beiden oder sogar in allen drei Chips gespeichert. Dies ist der Fall, wenn der Inhalt eines bestimmten Registers von mehreren Chips benötigt wird.

Für den Programmierer ist es unwesentlich, in welchem Chip sich ein bestimmtes Register befindet. Er kann den Bereich der Custom-Chips als Ganzes sehen, quasi als ein einziges Chip. Er benötigt nur Adresse und Funktion des gewünschten Registers.

p, d

Ein kleines "d" bedeutet, daß dieses Register nur vom DMA-Controller angesprochen wird. Register mit einem kleinen "p" davor werden nur vom Prozessor oder dem Copper benutzt. Stehen beide Buchstaben bei einem Register, wird dieses zwar gewöhnlich per DMA angesprochen, aber auch ab und zu vom Prozessor.

Registeranzahl: 197

Register, die normalerweise nur vom DMA-Controller angesprochen werden: 54

Basisadresse des Registerbereichs: $DFF000

Name	Regadr.	Chip	R/W	p/d	Funktion
BLTDDAT	000	A	er	d	Blitter-Ausgabedaten (v. B. ins RAM)
DMACONR	002	AP	r	p	DMA-Kontrollregister lesen
VPOSR	004	A	r	p	Höchstwertiges Bit d. vertikalen Pos.
VHPOSR	006	A	r	p	Vertikale und horizontale Strahlpos.
DSKDATR	008	P	er	d	Disk-Lesedaten (von Disk in RAM)
JOY0DAT	00A	D	r	p	Joystick-/Mausposition Game-Port 0

JOY1DAT	00C	D	r	p	Joystick-/Mausposition Game-Port 1
CLXDAT	00E	D	r	p	Kollisionsregister
ADKCONR	010	P	r	p	Audio/Disk Kontrollregister lesen
POT0DAT	012	P	r	p	Potentiometer Game-Port 0 lesen
POT1DAT	014	P	r	p	Potentiometer Game-Port 1 lesen
POTGOR	016	P	r	p	Pot. Port Daten lesen
SERDATR	018	P	r	p	Seriellen Port und Status lesen
DSKBYTR	01A	P	r	p	Diskdaten-Byte und Status lesen
INTENAR	01C	P	r	p	Interrupt Enable lesen
INTREQR	01E	P	r	p	Interrupt Request lesen
DSKPTH	020	A	w	p	Disk DMA-Adresse Bits 16-18
DSKPTL	022	A	w	p	Disk DMA-Adresse Bits 1-15
DSKLEN	024	P	w	p	Disk DMA-Blocklänge
DSKDAT	026	P	w	d	Disk Schreibdaten (vom RAM auf Disk)
REFPTR	028	A	w	d	Refresh-Zähler
VPOSW	02A	A	w	p	MSB d. vertikalen Strahlpos. schreiben
VHPOSW	02C	A	w	p	Vert. und horiz. Strahlpos. schreiben
COPCON	02E	A	w	p	Copper-Kontrollregister
SERDAT	030	P	w	p	Serielle Daten und Stop-Bits schreiben
SERPER	032	P	w	p	Ser.-Port-Kontrollreg. und -Baudrate
POTGO	034	P	w	p	Pot.-Port-Daten schreiben und -Start-Bit
JOYTEST	036	D	w	p	In beide Mauszähler schreiben
STREQU	038	D	s	d	Horiz. Sync mit VB und Equal Frame
STRVBL	03A	D	s	d	Horiz. Sync mit Vertical Blank
STRHOR	03C	DP	s	d	Horizontales Synchronsignal
STRLONG	03E	D	s	d	Kennzeichnung langer horiz. Zeile

Die nun folgenden Register können vom Copper angesprochen werden, wenn COPCON = 1 ist.

BLTCON0	040	A	w	p	Blitter-Kontrollregister 0
BLTCON1	042	A	w	p	Blitter-Kontrollregister 1
BLTAFWM	044	A	w	p	Maske für erstes Datenwort von A
BLTALWM	046	A	w	p	Maske für letztes Datenwort von A
BLTCPTH	048	A	w	p	Adresse der Quelldaten C Bits 16-18
BLTCPTL	04A	A	w	p	Adresse der Quelldaten C Bits 1-15
BLTBPTH	04C	A	w	p	Adresse der Quelldaten B Bits 16-18
BLTBPTL	04E	A	w	p	Adresse der Quelldaten B Bits 1-15
BLTAPTH	050	A	w	p	Adresse der Quelldaten A Bits 16-18
BLTAPTL	052	A	w	p	Adresse der Quelldaten A Bits 1-15
BLTDPTH	054	A	w	p	Adresse der Zieldaten D Bits 16-18
BLTDPTL	056	A	w	p	Adresse der Zieldaten D Bits 1-15
BLTSIZE	058	A	w	p	Start-Blit + Größe d. Blitter-Fensters
---	05A				Unbenutzt
---	05C				Unbenutzt
---	05E				Unbenutzt
BLTCMOD	060	A	w	p	Blitter-Modulo für Quelldaten C
BLTBMOD	062	A	w	p	Blitter-Modulo für Quelldaten B
BLTAMOD	064	A	w	p	Blitter-Modulo für Quelldaten A
BLTDMOD	066	A	w	p	Blitter-Modulo für Zieldaten D
---	068				Unbenutzt
---	06A				Unbenutzt
---	06C				Unbenutzt
---	06E				Unbenutzt
BLTCDAT	070	A	w	d	Blitter-Quelldatenregister C
BLTBDAT	072	A	w	d	Blitter-Quelldatenregister B
BLTADAT	074	A	w	d	Blitter-Quelldatenregister A

---	076				Unbenutzt
---	078				Unbenutzt
---	07A				Unbenutzt
---	07C				Unbenutzt
DSKSYNC	07E	P	w	p	Disk-Synchronisationsmuster

Die nun folgenden Register können in jedem Fall vom Copper beschrieben werden:

COP1LCH	080	A	w	p	Adresse der 1. Copper-List Bits 16-18
COP1LCL	082	A	w	p	Adresse der 1. Copper-List Bits 1-15
COP2LCH	084	A	w	p	Adresse der 2. Copper-List Bits 16-18
COP2LCL	086	A	w	p	Adresse der 2. Copper-List Bits 1-15
COPJMP1	088	A	s	p	Sprung zum Anfang 1. Copper-List
COPJMP2	08A	A	s	p	Sprung zum Anfang 2. Copper-List
COPINS	08C	A	w	d	Copper-Befehlsregister
DIWSTRT	08E	A	w	p	Obere, linke Ecke des Anzeigefensters
DIWSTOP	090	A	w	p	Untere, rechte Ecke d.Anzeigefensters
DDFSTRT	092	A	w	p	Beginn Bit-Plane-DMA (Horiz. Pos.)
DDFSTOP	094	A	w	p	Ende Bit-Plane-DMA (Horiz. Pos.)
DMACON	096	ADP	w	p	DMA-Kontrollregister schreiben
CLXCON	098	D	w	p	Kollisionskontrollregister schreiben
INTENA	09A	P	w	p	Interrupt enable schreiben
INTREQ	09C	P	w	p	Interrupt request schreiben
ADKCON	09E	P	w	p	Audio, Disk und UART Kontroll- register
AUD0LCH	0A0	A	w	p	Adresse der Audiodaten-Bits 16-18
AUD0LCL	0A2	A	w	p	on Tonkanal 0 Bits 1-15
AUD0LEN	0A4	P	w	p	Kanal 0 Länge der Audiodaten
AUD0PER	0A6	P	w	p	Kanal 0 Periodendauer
AUD0VOL	0A8	P	w	p	Kanal 0 Lautstärke
AUD0DAT	0AA	P	w	d	Kanal 0 Audiodaten (zum D/A-Wandler)
---	0AC				Unbenutzt
---	0AE				Unbenutzt
AUD1LCH	0B0	A	w	p	Adresse der Audiodaten Bits 16-18
AUD1LCL	0B2	A	w	p	von Tonkanal 1 Bits 1-15
AUD1LEN	0B4	P	w	p	Kanal 1 Länge der Audiodaten
AUD1PER	0B6	P	w	p	Kanal 1 Periodendauer
AUD1VOL	0B8	P	w	p	Kanal 1 Lautstärke
AUD1DAT	0BA	P	w	d	Kanal 1 Audiodaten (zum D/A-Wandler)
---	0BC				Unbenutzt
---	0BE				Unbenutzt
AUD2LCH	0C0	A	w	p	Adresse der Audiodaten Bits 16-18
AUD2LCL	0C2	A	w	p	von Tonkanal 2 Bits 1-15
AUD2LEN	0C4	P	w	p	Kanal 2 Länge der Audiodaten
AUD2PER	0C6	P	w	p	Kanal 2 Periodendauer
AUD2VOL	0C8	P	w	p	Kanal 2 Lautstärke
AUD2DAT	0CA	P	w	d	Kanal 2 Audiodaten (zum D/A-Wandler)
---	0CC				Unbenutzt
---	0CE				Unbenutzt
AUD3LCH	0D0	A	w	p	Adresse der Audiodaten Bits 16-18
AUD3LCL	0D2	A	w	p	von Tonkanal 3 Bits 1-15
AUD3LEN	0D4	P	w	p	Kanal 3 Länge der Audiodaten
AUD3PER	0D6	P	w	p	Kanal 3 Periodendauer
AUD3VOL	0D8	P	w	p	Kanal 3 Lautstärke
AUD3DAT	0DA	P	w	d	Kanal 3 Audiodaten (zum D/A-Wandler)

---	0DC				Unbenutzt
---	0DE				Unbenutzt
BPL1PTH	0E0	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 1 Bits 16-18
BPL1PTL	0E2	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 1 Bits 1-15
BPL2PTH	0E4	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 2 Bits 16-18
BPL2PTL	0E6	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 2 Bits 1-15
BPL3PTH	0E8	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 3 Bits 16-18
BPL3PTL	0EA	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 3 Bits 1-15
BPL4PTH	0EC	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 4 Bits 16-18
BPL4PTL	0EE	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 4 Bits 1-15
BPL5PTH	0F0	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 5 Bits 16-18
BPL5PTL	0F2	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 5 Bits 1-15
BPL6PTH	0F4	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 6 Bits 16-18
BPL6PTL	0F6	A	w	p	Adresse von Bit-Plane 6 Bits 1-15
---	0F8				Unbenutzt
---	0FA				Unbenutzt
---	0FC				Unbenutzt
---	0FE				Unbenutzt
BPLCON0	100	AD	w	p	Bit-Plane Kontrollregister 0
BPLCON1	102	D	w	p	Kontrollregister 1 (Scroll-Werte)
BPLCON2	104	D	w	p	Kontrollregister 2 (Prioritätskontr.)
---	106				Unbenutzt
BPL1MOD	108	A	w	p	Bit-Plane Modulo f. ungerade Planes
BPL2MOD	10A	A	w	p	Bit-Plane Modulo f. gerade Planes
---	10C				Unbenutzt
---	10E				Unbenutzt
BPL1DAT	110	D	w	d	Bit-Plane 1 Daten (z. RGB-Ausgang)
BPL2DAT	112	D	w	d	Bit-Plane 2 Daten (z. RGB-Ausgang)
BPL3DAT	114	D	w	d	Bit-Plane 3 Daten (z. RGB-Ausgang)
BPL4DAT	116	D	w	d	Bit-Plane 4 Daten (z. RGB-Ausgang)
BPL5DAT	118	D	w	d	Bit-Plane 5 Daten (z. RGB-Ausgang)
BPL6DAT	11A	D	w	d	Bit-Plane 6 Daten (z. RGB-Ausgang)
---	11C				Unbenutzt
---	11E				Unbenutzt
SPR0PTH	120	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 0 Bits 16-18
SPR0PTL	122	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 0 Bits 1-15
SPR1PTH	124	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 1 Bits 16-18
SPR1PTL	126	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 1 Bits 1-15
SPR2PTH	128	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 2 Bits 16-18
SPR2PTL	12A	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 2 Bits 1-15
SPR3PTH	12C	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 3 Bits 16-18
SPR3PTL	12E	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 3 Bits 1-15
SPR4PTH	130	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 4 Bits 16-18
SPR4PTL	132	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 4 Bits 1-15
SPR5PTH	134	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 5 Bits 16-18
SPR5PTL	136	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 5 Bits 1-15
SPR6PTH	138	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 6 Bits 16-18
SPR6PTL	13A	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 6 Bits 1-15
SPR7PTH	13C	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 7 Bits 16-18
SPR7PTL	13E	A	w	p	Sprite-Daten Sprite 7 Bits 1-15
SPR0POS	140	AD	w	dp	Sprite 0 Startposition (vert. + horiz.)
SPR0CTL	142	AD	w	dp	Sprite 0 Kontrollreg. und vert. Stopp
SPR0DATA	144	D	w	dp	Sprite 0 Datenreg. A (z. RGB-Ausg.)
SPR0DATB	146	D	w	dp	Sprite 0 Datenreg. B (z. RGB-Ausg.)
SPR1POS	148	AD	w	dp	Sprite 1 Startposition (vert. + horiz.)
SPR1CTL	14A	AD	w	dp	Sprite 1 Kontrollreg. und vert. Stopp
SPR1DATA	14C	D	w	dp	Sprite 1 Datenreg. A (z. RGB-Ausg.)
SPR1DATB	14E	D	w	dp	Sprite 1 Datenreg. B (z. RGB-Ausg.)

SPR2POS	150	AD	w	dp	Sprite 2 Startposition (vert. + horiz.)
SPR2CTL	152	AD	w	dp	Sprite 2 Kontrollreg. und vert. Stopp
SPR2DATA	154	D	w	dp	Sprite 2 Datenreg. A (z. RGB-Ausg.)
SPR2DATB	156	D	w	dp	Sprite 2 Datenreg. B (z. RGB-Ausg.)
SPR3POS	158	AD	w	dp	Sprite 3 Startposition (vert. + horiz.)
SPR3CTL	15A	AD	w	dp	Sprite 3 Kontrollreg. und vert. Stopp
SPR3DATA	15C	D	w	dp	Sprite 3 Datenreg. A (z. RGB-Ausg.)
SPR3DATB	15E	D	w	dp	Sprite 3 Datenreg. B (z. RGB-Ausg.)
SPR4POS	160	AD	w	dp	Sprite 4 Startposition (vert. + horiz.)
SPR4CTL	162	AD	w	dp	Sprite 4 Kontrollreg. und vert. Stopp
SPR4DATA	164	D	w	dp	Sprite 4 Datenreg. A (z. RGB-Ausg.)
SPR4DATB	166	D	w	dp	Sprite 4 Datenreg. B (z. RGB-Ausg.)
SPR5POS	168	AD	w	dp	Sprite 5 Startposition (vert. + horiz.)
SPR5CTL	16A	AD	w	dp	Sprite 5 Kontrollreg. und vert. Stopp
SPR5DATA	16C	D	w	dp	Sprite 5 Datenreg. A (z. RGB-Ausg.)
SPR5DATB	16E	D	w	dp	Sprite 5 Datenreg. B (z. RGB-Ausg.)
SPR6POS	170	AD	w	dp	Sprite 6 Startposition (vert. + horiz.)
SPR6CTL	172	AD	w	dp	Sprite 6 Kontrollreg. und vert. Stopp
SPR6DATA	174	D	w	dp	Sprite 6 Datenreg. A (z. RGB-Ausg.)
SPR6DATB	176	D	w	dp	Sprite 6 Datenreg. B (z. RGB-Ausg.)
SPR7POS	178	AD	w	dp	Sprite 7 Startposition (vert. + horiz.)
SPR7CTL	17A	AD	w	dp	Sprite 7 Kontrollreg. und vert. Stopp
SPR7DATA	17C	D	w	dp	Sprite 7 Datenreg. A (z. RGB-Ausg.)
SPR7DATB	17E	D	w	dp	Sprite 7 Datenreg. B (z. RGB-Ausg.)
COLOR00	180	D	w	p	Farbpalettenregister 0 (Color table)
COLOR01	182	D	w	p	Farbpalettenregister 1 (Color table)
COLOR02	184	D	w	p	Farbpalettenregister 2 (Color table)
COLOR03	186	D	w	p	Farbpalettenregister 3 (Color table)
COLOR04	188	D	w	p	Farbpalettenregister 4 (Color table)
COLOR05	18A	D	w	p	Farbpalettenregister 5 (Color table)
COLOR06	18C	D	w	p	Farbpalettenregister 6 (Color table)
COLOR07	18E	D	w	p	Farbpalettenregister 7 (Color table)
COLOR08	190	D	w	p	Farbpalettenregister 8 (Color table)
COLOR09	192	D	w	p	Farbpalettenregister 9 (Color table)
COLOR10	194	D	w	p	Farbpalettenregister 10 (Color table)
COLOR11	196	D	w	p	Farbpalettenregister 11 (Color table)
COLOR12	198	D	w	p	Farbpalettenregister 12 (Color table)
COLOR13	19A	D	w	p	Farbpalettenregister 13 (Color table)
COLOR14	19C	D	w	p	Farbpalettenregister 14 (Color table)
COLOR15	19E	D	w	p	Farbpalettenregister 15 (Color table)
COLOR16	1A0	D	w	p	Farbpalettenregister 16 (Color table)
COLOR17	1A2	D	w	p	Farbpalettenregister 17 (Color table)
COLOR18	1A4	D	w	p	Farbpalettenregister 18 (Color table)
COLOR19	1A6	D	w	p	Farbpalettenregister 19 (Color table)
COLOR20	1A8	D	w	p	Farbpalettenregister 20 (Color table)
COLOR21	1AA	D	w	p	Farbpalettenregister 21 (Color table)
COLOR22	1AC	D	w	p	Farbpalettenregister 22 (Color table)
COLOR23	1AE	D	w	p	Farbpalettenregister 23 (Color table)
COLOR24	1B0	D	w	p	Farbpalettenregister 24 (Color table)
COLOR25	1B2	D	w	p	Farbpalettenregister 25 (Color table)
COLOR26	1B4	D	w	p	Farbpalettenregister 26 (Color table)
COLOR27	1B6	D	w	p	Farbpalettenregister 27 (Color table)
COLOR28	1B8	D	w	p	Farbpalettenregister 28 (Color table)
COLOR29	1BA	D	w	p	Farbpalettenregister 29 (Color table)
COLOR30	1BC	D	w	p	Farbpalettenregister 30 (Color table)
COLOR31	1BE	D	w	p	Farbpalettenregister 31 (Color table)

Die Register 1C0 bis 1FC sind unbelegt.

Ein Zugriff auf die Registeradresse 1FE hat keinerlei Funktion zur Folge. Die Chips werden dabei nicht angesprochen (siehe Kapitel 1.2.3).

Das ROM

Die Abbildung 1.5.1 zeigt den ROM-Bereich, wie er nach dem Booten aussieht. Die 256 KByte ROM bei $FC0000 enthalten das Kickstart des Amiga. Der Bereich von $F80000 bis $FBFFFF ist mit dem Bereich von $FC0000 bis $FFFFFF identisch. In ihm spiegelt sich noch einmal das Kickstart-ROM. Allerdings kann sich diese Konfiguration ändern. Der 68000 holt nach einem Reset die Adresse des ersten Befehls aus der Speicherstelle 4, dem sogenannen Reset-Vektor. Wäre die Speicherkonfiguration unveränderlich, würde der 68000 den Reset-Vektor aus dem Chip-RAM holen, das ja an der Adresse 4 liegt. Da dessen Inhalt nach dem Einschalten unbestimmt ist, würde der Prozessor an eine willkürliche Adresse springen. Die Folge davon wäre, daß das System schon nach dem Einschalten abstürzen würde. Die Lösung sieht folgendermaßen aus: Das Chip, das für die Speicherkonfiguration zuständig ist, hat einen Eingang, der mit der untersten Portleitung von CIA-A (PA0) verbunden ist. Diese sogenannte OVL-Leitung (Memory Overlay) liegt im normalen Betrieb auf 0, und die Speicherkonfiguration entspricht der Abbildung. Nach einem Reset springt die Portleitung automatisch auf 1. Dadurch wird der ROM-Bereich von $F80000 bis $FFFFFF in den Adreßbereich von 0 bis $7FFFF eingeblendet. D.h. die Adresse 4 (der Reset-Vektor) entspricht dann der Adresse $F80004. Dadurch findet der 68000 eine gültige Reset-Adresse, die ihn ins Kickstart springen läßt. Im Laufe der Reset-Routine legt dieses dann die OVL-Leitung auf 0 und schaltet damit auf die normale Speicheranordnung zurück.

Man muß sehr vorsichtig sein, wenn man mit dieser Leitung experimentieren will. Läuft das Programm, das die OVL-Leitung auf 1 setzen soll, im Chip-RAM, kann das katastrophale Auswirkungen haben, denn das Programm schaltet sich quasi selber aus dem Speicher heraus, und der Prozessor landet irgendwo innerhalb des Kickstarts, das ja nach dem Umschalten den Platz des Chip-RAM einnimmt.

Das A1000-WOM

Weitere Besonderheiten findet man bei den A1000-Modellen. Besitzer dieser Geräte haben sich sicher schon gewundert, daß hier andauernd von einem Kickstart-ROM gesprochen wird, obwohl der Amiga das Kickstart ja am Anfang von Diskette lädt. Nun, die Situation beim A1000 war folgende: Die Hardware war fertig, die Geräte verkaufsbereit, aber mit der Software, in Form des Betriebssystems Kickstart, lag es noch im argen. Es war noch unvollständig und immer noch mit Fehlern behaftet. Also beschloß man, den Amiga mit einem speziellen RAM zu versehen, in welches nach dem Einschalten das Betriebssystem geladen wurde. Danach verriegelte der Amiga den Schreibzugriff auf dieses RAM. Es verhielt sich nun wie ein 256 KByte großes ROM. Man gab ihm bei Commodore den Namen WOM (Write Once Memory/Nur einmal beschreibbarer Speicher). Jetzt konnte man die ersten Amiga mit der noch unvollständigen Kickstart-Version (1.0) ausliefern. Nach Fertigstellung neuerer Kickstart-Versionen (1.1 und 1.2) brauchten die Amiga-Benutzer lediglich die neuen Kickstart-Disketten einlegen.

Da dieses WOM natürlich teurer ist als ein einfacher ROM-Baustein, rüstete man den A500 und A2000 nicht mehr damit aus, da ja auch inzwischen eine endgültige Kickstart-Version, V1.2, fertig war.

Das WOM wirft aber noch einige Fragen auf: Wo ist das Programm, das nach dem Einschalten Kickstart lädt? Wie kann ich Kickstart ändern, wenn es ja in einem RAM liegt?

Im Normalfall sieht der Betriebssystembereich im A1000 genauso wie in den neueren Modellen aus. Kickstart von $FC0000 bis $FFFFFF mit Spiegelung bei $F80000. Versucht man, in das Kickstart zu schreiben, passiert gar nichts. Es ist kein Schreibzugriff möglich. Auch das sogenannte Boot-ROM, das Kickstart am Anfang lädt, ist nirgendwo eingeblendet.

Gesteuert wird das Ganze nämlich über die Reset-Leitung. Nach einem Reset, egal ob beim Einschalten, durch Drücken von Amiga & Control oder durch einen Reset-Befehl des 68000, ändert sich die Speicherkonfiguration.

Danach liegt das Boot-ROM bei $F80000 (Da bei einem Reset gleichzeitig die OVL-Leitung gesetzt wird, stammt auch der Reset-Vektor aus dem Boot-ROM), und es ist möglich, ins Kickstart zu schreiben!

Man kann es jetzt nach Belieben verändern. Dieser Zustand bleibt aber nur solange erhalten, bis man versucht, etwas in den Bereich des Boot-ROMs von $F80000 bis $FBFFFF zu schreiben. Dann wird das Boot-ROM wieder ausgeblendet und der Schreibzugriff auf Kickstart verboten. Kurz gesagt:

Reset erlaubt das Schreiben ins Kickstart und blendet das Boot-ROM ein. Ein Schreibzugriff auf eine Adresse zwischen $F80000 und $FBFFFF verbietet das Schreiben und schaltet das Boot-ROM aus.

1.5.2 Grundlagen

Wie in dem vorangegangenen Kapitel erwähnt wurde, gibt es Register, die vom Prozessor angesprochen werden, und solche, die per DMA gelesen und beschrieben werden. Gehen wir zuerst auf den ersten Fall ein.

Die Programmierung der Chip-Register

Die Chip-Register können direkt adressiert werden. Beispiel: Der Wert des Hintergrundfarben-Registers soll verändert werden. Das Register hat den Namen COLOR00. Wenn man in der Tabelle aus 1.5.1 nachschlägt, findet man eine Registeradresse von $180. Dazu kommt noch die Basisadresse des Registerbereichs, d.h. die Adresse des ersten Registers auf den Adreßbereich des 68000 bezogen. Sie beträgt $DFF000. Plus der Registeradresse von COLOR00 ergibt $DFF180. Ein einfacher MOVE.W-Befehl genügt zur Initialisierung des Registers:

```
MOVE.W #Wert,$DFF180      ;Wert in COLOR00
```

Sollen mehrere Register angesprochen werden, empfiehlt es sich, die Basisadresse in einem Adreßregister unterzubringen und die indirekte Adressierung plus Offset zu verwenden. Dazu ein Beispiel:

```
LEA $DFF000,A5            ;Basisadresse in A5 speichern
MOVE.W #Wert1,$180(A5)    ;Wert1 in COLOR00
MOVE.W #Wert2,$182(A5)    ;Wert2 in COLOR01
MOVE.W ... usw.
```

Normalerweise findet der Zugriff auf ein Chip-Register wie oben gezeigt statt. Allerdings kann man die Register auch als Langwort ansprechen. In diesem Fall werden dann immer zwei Register auf einmal

beschrieben. Dies hat seinen Sinn bei den sogenannten Adreßregistern. Diese Register bestehen aus einem Registerpaar, das eine 19-Bit-Adresse enthält, mit der der ganze Chip-RAM-Bereich von 512 KByte angesprochen werden kann. Alle mit den Custom-Chips zusammenhängenden Daten müssen im Chip-RAM liegen. Da die Chips den Speicher immer nur wortweise adressieren, ist das unterste Bit (Bit 0) unwesentlich. Das Adreßregister zeigt nur auf gerade Adressen. Da ein Chip-Register nur ein Wort, d.h. 16 Bit, breit ist, dienen zwei Register an aufeinanderfolgenden Registeradressen gemeinsam zur Aufnahme der 19-Bit-Speicheradresse. Dabei enthält das erste die oberen 3 Bit (Bits 16 bis 18) und das zweite die unteren 16 (Bits 0 - 15). Dadurch ist es möglich, mit einem einzigen Langwort-Zugriff beide Register zu initialisieren. Beispiel: Es soll der Zeiger für die erste Bit-Plane auf die Adresse $40000 gesetzt werden. BPL1PTH ist der Name des ersten Registers (Bits 16-18) und BPL1PTL (Bits 0-15) der des zweiten. Registeradresse von BPL1PTH: $0E0, BPL1PTL = $0E2.

A5 enthält die Basisadresse $DFF000.

```
MOVE.L #$40000,$0E0(A5)     ;Initialisiert BPL1PTH und BPL1PTL mit den
                            ;korrekten Werten.
```

Es muß nochmals darauf hingewiesen werden, daß man ein Register nicht an ein und derselben Registeradresse lesen und beschreiben kann. Die meisten Register sind sowieso Nur-Schreib-Register. Sie können nicht gelesen werden. Dazu gehören auch die oben verwendeten Register. Andere können ausschließlich gelesen werden. Nur einige wenige können sowohl gelesen als auch beschrieben werden. Sie besitzen dann aber zwei unterschiedliche Registeradressen. Eine zum Lesen und eine zum Schreiben. Das DMA-Kontrollregister, das nachher noch näher besprochen werden soll, ist beispielsweise ein solches Register. Beschreiben kann man es an der Registeradresse $096 (DMACON). Zum Lesen muß man die Adresse $002 verwenden (DMACONR - Der Zusatz R steht für read = Lesen).

DMA-Zugriff

Unter DMA versteht man, wie schon in Kapitel 1.2.3 beschrieben, den direkten Zugriff eines Peripherie-Chips, des sogenannten DMA-Controllers, auf den Systemspeicher. Dies besagt auch die englische Bezeichnung: DMA - Direct Memory Access/Direkter Speicherzugriff. Beim Amiga ist der DMA-Controller innerhalb von Agnus untergebracht. Er stellt die Verbindung der unterschiedlichen Ein-/Ausgabe-

Einheiten (engl. Input/Output, kurz I/O) der Custom-Chips mit dem Chip-RAM dar. Egal ob es um Disketten, Bildschirm oder Audiodaten geht, der DMA-Vorgang läuft immer nach dem gleichen Muster ab. Eine beliebige Ein-/Ausgabe-Einheit, z.B. der Disk-Controller, benötigt neue Daten oder hat Daten bereit, die in den Speicher müssen. Der DMA-Controller wartet dann auf den richtigen Zeitpunkt, an dem der Speicher für diesen DMA-Kanal frei, d.h. nicht von einem anderen DMA-Kanal oder dem Prozessor belegt ist, und überträgt die Daten selbständig ins RAM oder liest sie aus. Der Einfachheit halber gibt es keine spezielle Übertragung der Daten von der Ein-/Ausgabeeinheit zum DMA-Controller. Sie läuft ganz normal über Register ab. Jede dieser I/O-Einheiten besitzt zwei unterschiedliche Registertypen. Einmal die normalen Register, die vom Prozessor angesprochen und in denen die verschiedenen Betriebsparameter gespeichert werden, und andererseits die Datenregister, die die Daten für den DMA-Controller enthalten. Dieser spricht bei einem DMA-Transfer einfach simultan das entsprechende Datenregister und die zugehörige RAM-Speicherstelle an. Je nach der Richtung des DMA-Transfers entweder ein Leseregister und Chip-RAM auf Schreiben oder ein Schreibregister und Chip-RAM auf Lesen. Da beide dann über den Datenbus miteinander verbunden sind, wandern die Daten automatisch vom Datenregister ins RAM oder umgekehrt. Die Daten werden nicht in irgendwelchen internen Registern zwischengespeichert.

Durch den DMA-Transfer kommt noch ein dritter Registertyp dazu: Die DMA-Adreßregister, die, je nach den Bedürfnissen der zugehörigen I/O-Einheit, die Adresse/Adressen der Daten im RAM enthalten.

Über all dem stehen dann noch die zentralen Kontrollregister, die nicht einer speziellen Ein-/Ausgabe-Einheit zugeordnet sind, sondern übergeordnete Steuerfunktionen haben. Unter diese Kategorie fällt auch oben erwähntes DMACON-Register.

Die Datenregister können natürlich auch vom Prozessor beschrieben werden, da sie ja in Form normaler Register realisiert wurden. Dies hat aber für gewöhnlich keinen Sinn, da der DMA-Controller diese Aufgabe schneller und eleganter erledigt.

Einige Ein-/Ausgabeeinheiten besitzen keinen zugehörigen DMA-Kanal. Bei ihnen muß der 68000 die Daten selber lesen bzw. schreiben. Dazu gehören aber nur jene Einheiten, bei denen von Natur aus keine hohen Datenmengen anfallen, ein DMA also nicht nötig ist, wie z.B die Joystick- und Mauseingänge.

Folgende DMA-Kanäle sind vorhanden:

Bit-Ebenen-DMA	Über diesen DMA-Kanal werden die Bildschirmdaten aus dem Speicher gelesen und in die Datenregister der einzelnen Bit-Ebenen geschrieben, von wo aus sie in die Bit-Ebenen-Sequenzer gelangen, die die Daten für die Ausgabe auf den Bildschirm umwandeln.
Sprite-DMA	Übertragung der Sprite-Daten aus dem RAM in die Sprite-Datenregister.
Disk-DMA	Daten von Diskette ins RAM oder vom RAM auf die Diskette.
Audio-DMA	Liest die digitalen Tondaten aus dem RAM und schreibt die in die entsprechenden Audiodatenregister.
Copper-DMA	Über ihn erhält der Coprozessor (Copper) seine Befehlsworte.
Blitter-DMA	Daten von und zum Blitter.

Es gibt also sechs DMA-Kanäle, die alle auf den Speicher zugreifen wollen, plus dem Prozessor, der natürlich auch möglichst oft das Chip-RAM fÜr sich haben will. Um die dadurch entstehenden Schwierigkeiten zu lösen, hat man ein kompliziertes Zeitmuster entworfen, in dem man den einzelnen Kanälen feste Positionen zugewiesen hat. Da sich dieses an dem Fernsehbild orientiert, müssen wir zuerst kurz auf dessen Aufbau eingehen. Dieser Abschnitt ist so untechnisch wie möglich gehalten, denn es geht in diesem Kapitel ja ums Programmieren der Custom-Chips, nicht mehr um die Hardware.

Der Aufbau des Fernsehbilds

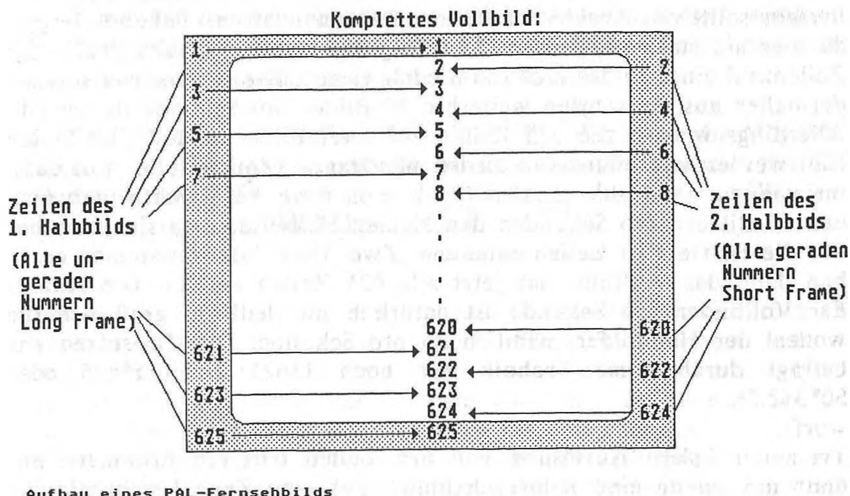


Abb. 1.5.2.1

Das Zeitverhalten der Bildschirmausgabe eines deutschen Amigas richtet sich exakt nach der deutschen PAL-Fernsehnorm. Ein solches Fernsehbild setzt sich aus 625 horizontalen Zeilen zusammen. Jede dieser Zeilen wird von links nach rechts aufgebaut. Nach jeder Zeile folgt eine Pause, die sogenannte horizontale Austastlücke, in der der Elektronenstrahl, der das Bild zeichnet, Zeit hat, wieder von rechts nach links zurückzulaufen. Während dieser Austastphase ist der Elektronenstrahl dunkel geschaltet, damit der Strahlrücklauf nicht in Form störender Streifen sichtbar wird. Danach beginnt der Vorgang wieder von neuem, und die nächste Zeile entsteht.

Damit das Bild flimmerfrei ist, muß es ständig neu gezeichnet werden. Da unser Auge Bildwechsel oberhalb einer bestimmten Frequenz nicht mehr einzeln wahrnehmen kann, hat man die Anzahl der Bilder pro Sekunde über diese Grenze gelegt. Bei der PAL-Norm liegt die Anzahl der einzelnen Bilder auf 50 pro Sekunde. Allerdings kommt jetzt ein Umstand hinzu, der die ganze Sache kompliziert. Würde man nämlich sämtliche 625 Zeilen 50 Mal in der Sekunde zeichen, käme man auf 31250 Zeilen pro Sekunde. Als die Grundlagen dieses Fernsehsystems geschaffen wurden, war man nicht in der Lage, eine solch hohe

Zeilenfrequenz mit preisgünstigen, für jeden erschwinglichen Fernsehapparaten zu verarbeiten. Also behalf man sich mit einem Trick. Einerseits sollte die Anzahl der Bilder nicht unter 50 pro Sekunde liegen, da dies ein starkes Flimmern zur Folge hätte, andererseits durfte die Zeilenzahl eines Bildes nicht zu niedrig liegen. Die Lösung sah folgendermaßen aus: Es werden weiterhin 50 Bilder pro Sekunde dargestellt. Allerdings werden die 625 Zeilen auf zwei Bilder verteilt. Im ersten Bild werden alle ungeraden Zeilen übertragen (Zeilen 1, 3, 5 ... 625), im zweiten dann alle geraden (2, 4, 6 ... 624). Folgerichtig gab man den 50 Bildern pro Sekunden den Namen Halbbilder, da sie ja immer nur die Hälfte aller Zeilen enthalten. Zwei Halbbilder zusammen ergeben dann das Vollbild, das jetzt alle 625 Zeilen enthält. Die Anzahl der Vollbilder pro Sekunde ist natürlich nur halb so groß wie die Anzahl der Halbbilder, nämlich 25 pro Sekunde. Die Zeilenfrequenz beträgt durch diese Technik nur noch 15625 Hz (25*625 oder 50*312.5).

Trotz der hohen Auflösung von 625 Zeilen tritt ein Flimmern nur dann auf, wenn eine Kontur lediglich auf eine Zeile beschränkt ist. Sie wird dann nur noch alle 25stel Sekunde einmal dargestellt, was für das Auge ein deutliches Flimmern zur Folge hat. Diesen Effekt kann man beim Fernsehen besonders an den horizontalen Rändern von Flächen beobachten, da diese naturgemäß aus einer einzigen horizontalen Zeile bestehen.

Die englische Bezeichnung für diese Technik der abwechselnden Übertragung von geraden und ungeraden Zeilen lautet Interlace. Zwei weitere Begriffe dienen der Unterscheidung der beiden Typen von Halbbildern. Mit Long Frame bezeichnet man jenes, in dem die ungeraden Zeilen dargestellt werden, und mit Short Frame das andere. Long Frame und Short Frame deshalb, weil es eine ungerade Zeile mehr als gerade gibt, und dementsprechend das Halbbild mit den ungeraden Zeilen zeitlich gesehen länger ist. (Von 1 bis 625 gibt es 313 ungerade und 312 gerade Zahlen.)

Nach jedem Halbbild folgt eine Pause, bevor das nächste Halbbild beginnt. Diese Schwarzphase zwischen zwei Halbbildern ist die vertikale Austastlücke. Auch das vom Amiga erzeugte Bild richtet sich nach obigen Grundsätzen. Allerdings mit kleinen Abweichungen.

Normalerweise beginnt das zweite Halbbild (Short Frame) etwas verzögert, so daß die geraden Zeilen genau zwischen die ungeraden zu liegen kommen und sich ein geschlossenes Bild ergibt.

Beim Amiga dagegen sind beide Halbbilder identisch. Dadurch liegt die Bildfrequenz bei tatsächlichen 50 Hz. Als Folge davon ist die Zeilenzahl auf 313 beschränkt. Man erkennt auch deutlich die Zwischenräume zwischen zwei Zeilen auf dem Monitor, da die Halbbilder nicht mehr versetzt zu einander gezeichnet werden.

Um die Zeilenzahl zu erhöhen, hat der Amiga aber auch die Möglichkeit, sein Bild im Interlace-Modus zu erzeugen. Dann sind volle 625 Zeilen möglich. Man muß aber die Nachteile des Interlace-Betriebs mit in Kauf nehmen. Doch dazu später.

Der Aufbau der Amiga-Bildschirmausgabe

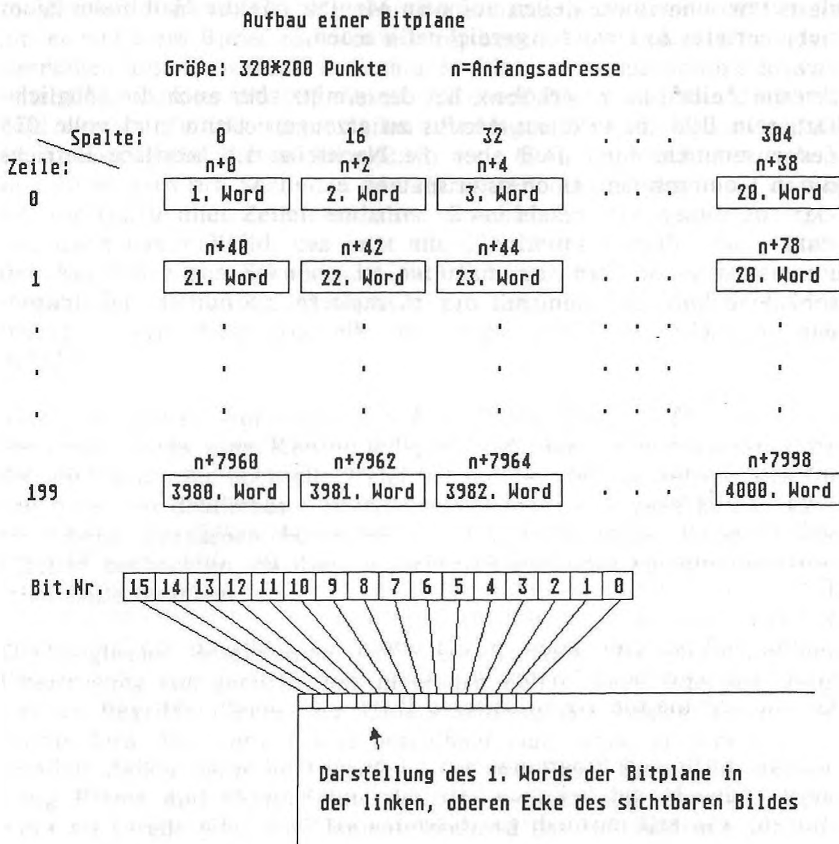


Abb. 1.5.2.2

Bit-Planes

Der Amiga stellt sein Bild immer in einer Art Grafikmodus dar, d.h. jeder Punkt auf dem Bildschirm hat seine Entsprechung im Speicher. Im einfachsten Fall entspricht ein gesetztes Bit im RAM einem Punkt auf dem Monitor. Dieser einfachste Aufbau eines Bildschirmspeichers heißt beim Amiga Bit-Ebene oder englisch Bit-Plane. Sie ist das Grundelement jeder Bildschirmdarstellung beim Amiga. Sie besteht aus

einem zusammenhängenden Speicherbereich. Je nach Bildbreite ergeben eine bestimmte Anzahl von Wörtern eine Bildschirmzeile. Ein Wort entspricht 16 Punkten, da ja jedes Bit einen Bildpunkt repräsentiert. Für eine Bildschirmdarstellung mit 320 Punkten pro Zeile benötigt man also 320/16 = 20 Wörter. Da man mit einer Bit-Plane ja nur zwei Zustände unterscheiden kann, nämlich Punkt gesetzt oder Punkt gelöscht, gibt es die Möglichkeit, mehrere Bit-Planes zu kombinieren. Dabei werden immer die Bits mit den gleichen Positionen in allen Planes zusammengefaßt. Der erste Punkt auf dem Bildschirm entsteht durch Kombination des obersten Bits im ersten Wort sämtlicher Planes. Der aus diesen Bits resultierende Wert bestimmt dann die Farbe des Punkts auf dem Bildschirm. Um von der Bit-Kombination eines Punkts zu seiner Farbe auf dem Bildschirm zu kommen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, auf die in Kapitel 1.5.5 noch detailliert eingegangen wird.

Die verschiedenen Grafikauflösungen

Der Amiga kennt zwei verschiedene horizontale Auflösungen. Der hochauflösende Modus hat normalerweise 640 Punkte pro Zeile, der niedrigauflösende 320. Das "normalerweise" im lezten Satz bedeutet, daß dieser Wert veränderlich ist. Besser ist es, wenn man die beiden unterschiedlichen Auflösungen durch die Zeit pro Bildpunkt definiert. Ein Pixel (= Bildpunkt) im hochauflösenden Modus wird 70 Nanosekunden (Milliardstel Sekunden) lang angezeigt, im niedrigauflösenden Modus 140 Nanosekunden. In der doppelten Zeit legt der Elektronenstrahl die zweifache Strecke auf dem Bildschirm zurück. Aus diesem Grund sind die niedrigauflösenden Pixel auch doppelt so breit.

Wichtiger für den Programmierer ist es aber zu wissen, daß im hochauflösenden Modus lediglich vier Bit-Planes gleichzeitig aktiviert sein dürfen, während im niedrigauflösenden bis zu 6 Planes erlaubt sind.

Der Aufbau einer horizontalen Rasterzeile

Mit dem Begriff Rasterzeile ist eine komplette horizontale Zeile gemeint, d.h. die horizontale Austastlücke und der sichtbare Bereich. Diese Rasterzeile dient als Zeitmaß für alle DMA-Vorgänge, insbesondere natürlich für die mit dem Bildschirm zusammenhängenden DMAs. Um die Aufteilung der Rasterzeile zu verstehen, muß man wissen, wie die Speicherzugriffe auf das Chip-RAM und die Custom-Chip-Register zwischen dem DMA-Controller und dem Prozessor verteilt werden. Die Zugriffe auf diese beiden Speicherbereiche müssen sich nach den sogenannten Buszyklen richten. Die Buszyklen be-

stimmen das Timing des Chip-RAM. In jedem Buszyklus kann ein Speicherzugriff stattfinden. Ob die Daten gelesen oder beschrieben werden, ist dabei unwesentlich. Will z.B. der Prozessor auf den Bus zugreifen, bekommt er den Bus für einen Buszyklus zugewiesen. Der DMA-Controller kann dann erst wieder in dem darauffolgenden Zyklus auf das RAM zugreifen. Ein Buszyklus dauert 280 Nanosekunden. Innerhalb einer Mikrosekunde sind also knapp vier Speicherzugriffe möglich.

Der 68000 kann aber gar nicht so oft auf den Speicher zugreifen. Er ist dazu einfach nicht schnell genug. Bei der Taktfrequenz, mit der er im Amiga betrieben wird, führt er höchstens alle 560 Nanosekunden einen Zugriff aus. In der gleichen Zeit laufen aber zwei Buszyklen ab. Der 68000 kann also maximal jeden zweiten Buszyklus belegen. Diese Zyklen werden gerade Speicherzyklen (Even Cycles) genannt. Die übrigen, ungeraden Zyklen (Odd Cycles) sind damit ausschließlich für den DMA-Controller da.

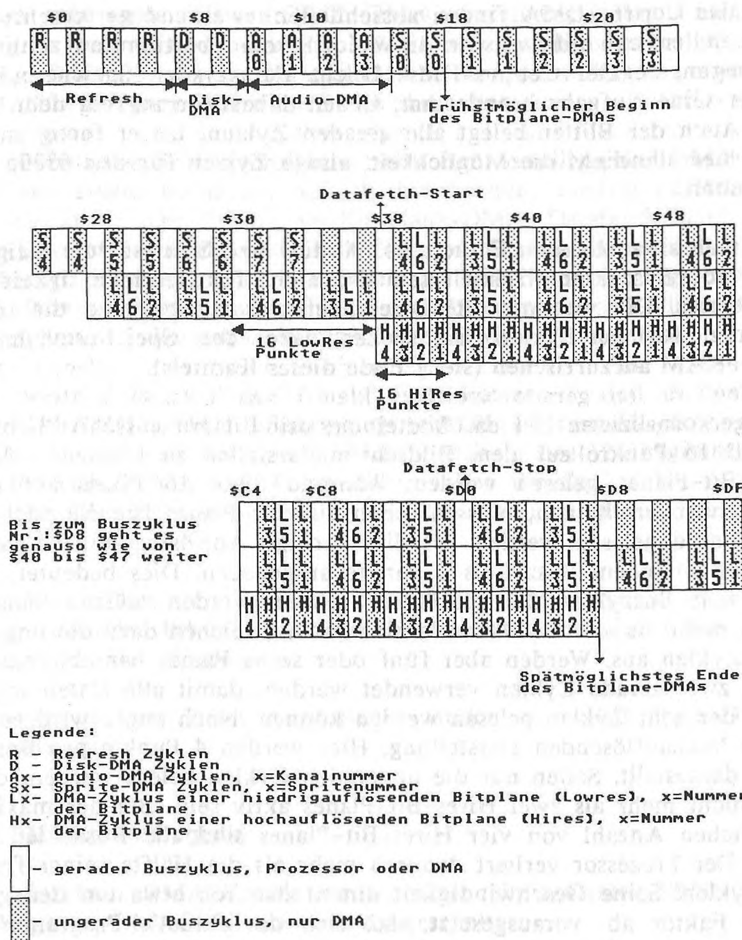


Abb. 1.5.2.3

Die Abbildung 1.5.2.3 zeigt den zeitlichen Ablauf einer Rasterzeile. Sie dauert 63.5 Mikrosekunden. Dies ergibt 227.5 Buszyklen pro Zeile. Davon können die ersten 225 vom DMA-Controller belegt werden. Wie dies geschieht, zeigt die Abbildung: Die Buchstaben innerhalb der einzelnen Zyklen stehen für den entsprechenden DMA-Kanal. Während die ungeraden Zyklen ausschließlich vom DMA-Controller benutzt werden, muß sich dieser die geraden mit dem Prozessor teilen.

Dabei haben die DMA-Zugriffe immer Vorrang. Der Blitter-DMA und der Copper-DMA finden ausschließlich während gerader Zyklen statt. Allerdings gibt es für die beiden keine bestimmten zeitlichen Festlegungen. Der Copper-DMA belegt alle geraden Speicherzyklen, bis er seine Aufgabe beendet hat. Er hat dabei Vorrang vor dem Blitter. Auch der Blitter belegt alle geraden Zyklen, bis er fertig ist. Es gibt hier allerdings die Möglichkeit, einige Zyklen für den 68000 frei zu halten.

Wie man sieht, belegen Disketten-, Audio- und Sprite-DMA lediglich ungerade Buszyklen, beeinflussen also nicht die Geschwindigkeit des Prozessors. Die vier mit "R" bezeichneten Buszyklen sind die sogenannten Refresh-Zyklen. Sie dienen dazu, den Speicherinhalt des Chip-RAM aufzufrischen (siehe Ende dieses Kapitels).

Etwas komplizierter ist die Verteilung der Bit-Plane-DMA. Um die ersten 16 Punkte auf dem Bildschirm darstellen zu können, müssen alle Bit-Planes gelesen werden. Während diese 16 Pixels auf dem Bildschirm erscheinen, müssen schon alle Bit-Planes für die nächsten 16 Punkte gelesen werden. Ist die niedrige Auflösung eingeschaltet, werden in jedem Buszyklus 2 Punkte ausgegeben. Dies bedeutet, daß alle acht Buszyklen die Bit-Planes gelesen werden müssen. Solange nicht mehr als vier Bit-Planes aktiviert sind, reichen dazu die ungeraden Zyklen aus. Werden aber fünf oder sechs Planes benutzt, müssen auch zwei gerade Zyklen verwendet werden, damit alle Daten innerhalb der acht Zyklen gelesen werden können. Noch enger wird es bei einer hochauflösenden Darstellung. Hier werden 4 Punkte pro Buszyklus dargestellt. Sollen nur die ungeraden Zyklen belegt werden, dürfen nicht mehr als zwei Hires-Bit-Planes aktiv sein. Bei der maximal möglichen Anzahl von vier Hires-Bit-Planes sind alle Buszyklen belegt. Der Prozessor verliert dadurch mehr als die Hälfte seiner freien Buszyklen! Seine Geschwindigkeit nimmt dadurch etwa um den gleichen Faktor ab, vorausgesetzt, daß sich das aktuelle Programm im Chip-RAM befindet, denn auf eventuelles Fast RAM und auf das Kickstart-ROM hat der Prozessor immer noch ungebremsten Zugriff.

Die mit Datafetch-Start und Datafetch-Stop bezeichneten Zeitpunkte stellen den Beginn und das Ende der DMA-Zugriffe für die Bit-Planes dar. Sie bestimmen damit die Breite und die horizontale Position des sichtbaren Bildes. Setzt der Bit-Plane-DMA früh ein und hört spät auf, werden mehr Datenwörter gelesen und damit auch mehr Punkte ausgegeben. Die normale Auflösung von 320 bzw. 640 Punkten pro Zeile läßt sich durch Ändern dieser Werte variieren. Setzt man den

Datafetch-Start Wert kleiner $30, benutzt der Bit-Plane-DMA-Kanal die normalerweise für den Sprite-DMA reservierten Zyklen. Dadurch fallen je nach Wert von Datafetch-Start bis zu sieben Sprites aus. Lediglich Sprite 0, der ja im allgemeinen als Maus-Zeiger verwendet wird, läßt sich nicht auf diese Weise abschalten.

Die obere Zeile in der Abbildung stellt die Verteilung der DMA-Zyklen bei einem normalen, 320 Punkte breiten, niedrig auflösenden Bildschirm dar. Der Beginn des Bit-Plane-DMA, Datafetch-Start, liegt bei $38, und das Ende, Datafetch-Stop, bei $D0. In den mit "L1" bezeichneten Zyklen werden die Daten der Bit-Plane Nr. 1 gelesen, in "L2" dann Bit-Plane 2 usw. Sind die entsprechenden Bit-Planes nicht eingeschaltet, fallen auch die zugehörigen DMA-Zyklen weg.

Die zweite Zeile stellt den Ablauf einer Rasterzeile dar, in dem die Datafetch-Punkte nach außen verlegt wurden. Bis zum Datafetch-Start ist der Verlauf mit der oberen Zeile identisch, bei $28 beginnt dann der Bit-Plane-DMA. Als Folge davon fallen die Sprites Nr. 5 bis 7 aus. Die Datafetch-Stop-Position wurde bis an den Maximalwert $D8 nach rechts verschoben.

Die dritte Zeile zeigt die Verteilung der DMA-Zyklen in einem hochauflösenden Bildschirm, wobei die Datafetch-Werte mit denen der ersten Zeile übereinstimmen.

Während der vertikalen Austastlücke finden keine Bit-Plane-DMA-Zugriffe statt.

Das DMA-Kontrollregister

Die einzelnen DMA-Kanäle werden über ein zentrales DMA-Kontrollregister, DMACON, ein- und ausgeschaltet.

DMACON Registeradr. $096 (schreiben) und $02 (lesen)

Bit	Name	Funktion (wenn gesetzt)
15	SET/CLR	Bits setzen/löschen
14	BBUSY	Blitter arbeitet gerade (nur lesen)
13	BZERO	Ergebnis sämtlicher Blitter-Operationen war 0 (nur lesen)
12 und 11		Unbelegt
10	BLTPRI	Blitter-DMA hat Priotität über Prozessor
9	DMAEN	Gesamt-DMA einschalten (für Bits 0 bis 8)
8	BPLEN	Bit-Plane DMA einschalten
7	COPEN	Copper-DMA einschalten

6	BLTEN	Blitter-DMA einschalten
5	SPREN	Sprite-DMA einschalten
4	DSKEN	Disk-DMA einschalten
3-0	AUDxEN	Audio-DMA für Tonkanal x einschalten (Bit-Nr. entspricht der Nummer des Tonkanals)

Das DMACON-Register wird nicht wie ein normales Register beschrieben. Man kann immer nur Bits setzen oder Bits löschen. Dies wird durch Bit 15 in dem Datenwort festgelegt, das man ins DMACON-Register schreibt. Ist dieses Bit auf 1, werden alle gesetzten Bits des Datenworts auch im DMACON-Register gesetzt. Ist Bit 15 dagegen 0, werden alle gesetzten Bits im DMACON-Register gelöscht. Die übrigen Bits von DMACON bleiben immer unbeeinflußt.

Das mit DMAEN bezeichnete Bit 9 dient quasi als Hauptschalter. Ist es auf 0, sind alle DMA-Kanäle inaktiv, ungeachtet der Bits 0 bis 8. Soll ein DMA erlaubt werden, müssen das Bit des entsprechenden DMA-Kanals und das DMAEN-Bit gesetzt werden. Dazu folgendes Beispiel:

Es sei nur der Bit-Plane-DMA eingeschaltet (BPLEN = 1), aber ohne DMAEN-Bit. Der Wert des DMACON-Register beträgt also $0100. Jetzt soll der Disk-DMA erlaubt werden. DSKEN und DMAEN müssen gesetzt und BPLEN gelöscht werden.

```
MOVE.W #$0100,$DFF096      ;Löscht das BPLEN-Bit (SET/CLR = 0)
MOVE.W #$8210,$DFF096      ;Setzt DSKEN und DMAEN (SET/CLR = 1)
```

Das DMACON-Register enthält jetzt den gewünschten Wert von $0210. Die Bits 13 und 14 können nur gelesen werden. Sie geben Auskunft über Zustände des Blitters, näheres darüber im Blitter-Kapitel.

Bit 10 steuert die Priorität des Blitters über den Prozessor. Ist es gesetzt, hat der Blitter absolute Priorität über den 68000. Dies kann soweit gehen, daß der Prozessor während der gesamten Blitter-Operation keinen einzigen Zugriff auf ein Chip-Register oder das Chip-RAM durchführen kann. Wenn es gelöscht ist, bekommt der Prozessor jeden vierten geraden Buszyklus vom Blitter. Dies verhindert, daß der Prozessor länger angehalten wird, wenn eine Betriebssystemroutine oder ein Programm im Fast RAM, die ja beide ungebremst laufen, einmal auf das Chip-RAM zugreifen müssen. Z.B. auf eine Datenstruktur des Betriebssystems oder auf einen der Ausnahmevektoren des 68000.

Die Abfrage der aktuellen Strahlposition

Da sich das gesamte DMA-Timing an der Position innerhalb einer Rasterzeile orientiert, möchte man manchmal wissen, an welcher Stelle der Zeile sich der Elektronenstrahl gerade befindet. Agnus besitzt dazu einen internen Zähler, der sowohl die horizontale als auch die vertikale Bildschirmposition enthält, nach der sich das gesamte System richtet. Zwei Register ermöglichen dem Prozessor den Zugriff auf diese Zähler:

VHPOS $006 (lesen, VHPOSR) und $02C (schreiben, VHPOSW)

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	V7	V6	V5	V4	V3	V2	V1	V0	H8	H7	H6	H5	H4	H3	H2	H1

VPOS $004 (lesen, VPOSR) und $02A (schreiben, VPOSW)

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	LOF	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	V8

Die mit H1 bis H8 bezeichneten Bits stellen die horizontale Strahlposition dar, sie entsprechen direkt den Nummern für die einzelnen Buszyklen in Abbildung 1.5.2.3 und haben damit eine Genauigkeit von zwei niedrig- oder vier hochauflösenden Punkten. Der Wert für die horizontale Position kann zwischen $0 und $E3 (0 bis 227) liegen. Die horizontale Austastlücke fällt in den Bereich von $F bis $35.

Die Bits für die vertikale Position, also die aktuelle Bildschirmzeile, sind auf zwei Register verteilt. Die unteren Bits V0 bis V7 liegen noch in VHPOS, das oberste Bit, V8, befindet sich in VPOS. Zusammen ergeben sie die Nummer der aktuellen Bildschirmzeile.

Es sind Zeilen von 0 bis 312 möglich. Die vertikale Austastlücke (der Bildschirm ist in diesem Bereich immer schwarz) reicht von Zeile 0 bis 25. Das LOF-Bit (Long Frame) zeigt an, ob das gerade dargestellte Bild ein Long Frame (Halbbild mit ungeraden Zeilen) oder Short Frame (Halbbild mit geraden Zeilen) ist. Dieses Bit wird nur im Interlace-Modus benötigt. Normalerweise liegt es auf 1.

Man kann die Strahlposition auch setzen. Diese Möglichkeit wird aber kaum benötigt. Eine weitere Funktion kommt den POS-Registern im Zusammenhang mit einem Lightpen zu. Wenn der Lightpen-Eingang von Agnus aktiviert ist (s. Kap. 1.5.5), und der Lightpen gegen den Bildschirm gehalten wird, enthalten sie seine Position. D.h. ihr Inhalt wird eingefroren, sobald der Lightpen durch den an seiner Spitze

vorbeifahrenden Elektronenstrahl ausgelöst wurde. Nach Ende der vertikalen Austastlücke, also ab Zeile 26, werden die Zähler wieder freigegeben. Will man die Lightpen-Position lesen, muß man wie folgt vorgehen:

- Auf Zeile 0 (Beginn der vertikalen Austastlücke) warten. Dies kann man am einfachsten mittels des Vertical Blanking Interrupts erreichen (siehe nächstes Kapitel).
- Beide Zählerregister lesen.

Liegt die vertikale Position zwischen 0 und 25, also innerhalb der vertikalen Austastlücke, wurde kein Lightpen-Signal empfangen. Liegt der Wert dagegen außerhalb, stellt er die Position des Lightpens dar.

Zum Abschluß dieses Kapitels noch einige Details zu den Refresh-Zyklen:

Agnus besitzt einen integrierten 8-Bit-Refresh-Zähler. Er läßt sich über die Registeradresse $28 beschreiben (Vorsicht! Dabei kann der Speicherinhalt verloren gehen!!!). Zu Beginn jeder Rasterzeile legt Agnus vier Refresh-Adressen auf den Chip-RAM-Adreßbus. D.h. der Inhalt jeder Speicherzeile wird alle 4 Millisekunden einmal aufgefrischt.

Während die Zeilenadresse auf dem Chip-RAM-Adreßbus ausgegeben wird, legt Agnus die Adressen bestimmter Strobe-Register auf den Registeradreßbus. Diese Strobe-Signale dienen dazu, den anderen Chips, Denise und Paula, den Beginn einer Rasterzeile oder eines Bildes mitzuteilen. Dies ist notwendig, da sich die Zähler für die Bildschirmposition innerhalb von Agnus befinden und keine Leitungen zur Übermittlung der Synchronisationssignale an die anderen Chips existieren. Im einzelnen gibt es vier verschiedene Strobe-Adressen:

Adr.	Chip	Funktion
$38	D	Vertikale Austastlücke eines Shortframes.
$3A	D	Vertikale Austastlücke.
$3C	D P	Diese Strobe-Adresse wird in jeder Rasterzeile außerhalb der vertikalen Austastlücke erzeugt.
$3E	D	Kennzeichnung einer langen Rasterzeile (228 Zyklen)

Während des ersten Refresh-Zyklus wird immer eine der drei oberen Strobe-Adressen angesprochen. Normalerweise $3C, innerhalb der

vertikalen Austastlücke $38 oder $3A, je nach dem, ob es sich um ein Short- oder Longframe handelt.

Mit der vierten Adresse hat es folgende Bewandnis: Eine Rasterzeile hat rein rechnerisch eine Länge von 227.5 Buszyklen. Da es aber keine halben Zyklen gibt, wechseln Zeilen mit 227 und 228 Buszyklen einander ab. Die Strobe-Adresse $3E signalisiert die 228 Zyklen langen Zeilen und wird während des zweiten Refresh-Zyklus erzeugt.

1.5.3 Interrupts

Fast alle Ein-/Ausgabeeinheiten der Custom-Chips und die beiden CIAs sind in der Lage, einen Interrupt auszulösen. Eine spezielle Schaltung innerhalb Paulas übernimmt die Verwaltung der einzelnen Interrupt-Quellen und erzeugt daraus die Interrupt-Signale für den 68000. Dabei werden die sogenannten Autovektor-Interrupts des Prozessors benutzt. Und zwar die der Ebenen 0 bis 6. Der nicht maskierbare Interrupt (NMI) der Ebene 7 ist nicht vorgesehen. Die beiden Register sind das Interrupt-Anforderungs-Register (INTREQ, Interrupt-Request) und das Interrupt-Masken-Register (INTENA, Interrupt-Enable). Die Belegung der einzelnen Bits ist in beiden Registern identisch.

Interrupt-Enable- und Interrupt-Request-Registerbelegung

Registeradressen:		
	INTREQ	= $09C (schreiben)
	INTREQR	= $01E (lesen)
	INTENA	= $09A (schreiben)
	INTENAR	= $01C (lesen)

Bit	Name	IE	Funktion
15	SET/CLR		Schreiben/lesen (siehe DMACON-Register)
14	INTEN	(6)	Interrupts erlauben
13	EXTER	6	Interrupt von CIA-B oder Expansion-Port
12	DSKSYN	5	Disk-Synchronisationswert erkannt
11	RBF	5	Eingabepuffer des Seriellen Ports voll
10	AUD3	4	Audiodaten Kanal 3 ausgegeben
9	AUD2	4	Audiodaten Kanal 2 ausgegeben
8	AUD1	4	Audiodaten Kanal 1 ausgegeben
7	AUD0	4	Audiodaten Kanal 0 ausgegeben
6	BLIT	3	Blitter fertig
5	VERTB	3	Beginn der vertikalen Austastlücke erreicht
4	COPER	3	Reserviert für Copper-Interrupts
3	PORTS	2	Interrupt von CIA-A oder Expansion-Port

2	SOFT	1	Reserviert für Software-Interrupts
1	DSKBLK	1	Disk-DMA-Transfer beendet
0	TBE	1	Ausgabepuffer des seriellen Ports leer

Die unteren dreizehn Bits stehen für die einzelnen Interrupt-Quellen. Die CIA-Interrupts wurden je zu einem einzigen Interrupt zusammengefaßt. Die Bits im DMAREQ-Register informieren darüber, welche Interrupts aufgetreten sind. Es wird in diesem Fall das zugehörige Bit gesetzt. Um einen Prozessor-Interrupt auszulösen, müssen das korrespondierende Bit im DMAENA-Register und auch das INTEN-Bit gesetzt sein. Das INTEN-Bit agiert dabei als Hauptschalter für die übrigen 14 Interrupt-Quellen, die mit den Bits des INTENA-Registers getrennt ein- und ausgeschaltet werden können. Nur wenn INTEN auf 1 liegt, können überhaupt Interrupts ausgelöst werden.

Sind sowohl das INTEN-Bit als auch zwei zusammengehörige Bits im INTENA- und INTREQ-Register gesetzt, wird ein Prozessor-Interrupt ausgelöst. Die entsprechenden Autovektornummern befinden sich in der mit IE (Interrupt-Ebene) bezeichneten Spalte der Tabelle. Zur Erinnerung hier noch einmal die Adressen der 7 Interrupt-Autovektoren:

Vektor-Nr.	Adresse (Dez/Hex)	Autovektor Ebene
25	100/$64	Autovektor Ebene 1
26	104/$68	Autovektor Ebene 2
27	108/$6C	Autovektor Ebene 3
28	112/$70	Autovektor Ebene 4
29	116/$74	Autovektor Ebene 5
30	120/$78	Autovektor Ebene 6
(31	124/$7C	Autovektor Ebene 7)

Wie man sieht, wurden den Interrupts, die eine schnellere Bearbeitung erfordern, höhere Interrupt-Ebenen verliehen.

Um die Bits in den beiden Registern zu ändern muß man, wie schon beim DMACON-Register beschrieben (1.5.2), mit einem SET/CLR-Bit arbeiten.

Nach der Bearbeitung eines Interrupts muß das auslösende Bit im INTREQ-Register vom Prozessor zurückgesetzt werden. Im Gegensatz zu den Interrupt-Kontrollregistern der CIAs werden die Bits des INTREQ-Registers nicht automatisch beim Lesen gelöscht.

Wenn man ein Bit im INTREQ-Register mittels eines MOVE-Befehls setzt, hat dies dieselbe Wirkung, als wenn der entsprechende Interrupt aufgetreten wäre. Auf diese Weise wird z.B. der Software-Interrupt (SOFT, Bit 2) erzeugt. Auch der Copper kann nur durch Schreiben in INTREQ seinen Interrupt erzeugen.

Eine Besonderheit ist das Bit 14 im INTREQ-Register, es hat dort keine spezifische Funktion wie in INTENA. Aber wenn man es durch Schreiben in INTREQ setzt und sich INTEN im INTENA-Register auf High befindet, wird ein Interrupt der Ebene 6 erzeugt.

Bei jedem Interrupt von CIA-A wird Bit 3 im DMAREQ-Register gesetzt. Für CIA-B ist es Bit 13. Die Interrupt-Quelle in dem entsprechenden CIA muß durch Lesen des Interrupt-Kontrollregisters des CIAs ermittelt werden. Die Interrupts Nr. 3 und 13 können auch durch Erweiterungskarten am Expansion-Port ausgelöst werden.

Das Interrupt-Bit 5 zeigt den sogenannten Vertical Blank Interrupt an. Dieser tritt immer zum Beginn jedes Halbbilds auf, am Start der vertikalen Austastlücke (Zeile 0) und damit 50mal in der Sekunde. Die übrigen Interrupts werden in den dazugehörigen Kapiteln behandelt.

1.5.4 Der Coprozessor Copper

Der Copper ist ein einfacher Coprozessor. Er hat die Aufgabe, die verschiedenen Register der Custom-Chips zu festgelegten Zeitpunkten automatisch mit bestimmten Werten zu beschreiben. Genauer gesagt ist der Copper in der Lage, an beliebigen Bildschirmpositionen die Inhalte einiger Register zu verändern. Er kann dadurch den Bildschirm in unterschiedliche Bereiche aufteilen, die dann verschiedene Farben und Auflösungen haben können. Diese Fähigkeit wird z.B. bei der Verwendung mehrerer Screens benutzt.

Der Copper wird deshalb als Coprozessor bezeichnet, weil er, wie ein richtiger Prozessor auch, über ein Programm verfügt, das sich im Speicher befindet und von ihm Befehl für Befehl abgearbeitet wird. Allerdings kennt der Copper nur drei verschiedene Befehle, mit denen man aber eine Menge anfangen kann:

MOVE
Der Move-Befehl schreibt einen unmittelbaren Wert in ein beliebiges Custom-Chip-Register.

WAIT

Der Wait-Befehl wartet darauf, daß der Elektronenstrahl eine bestimmte Bildschirmposition erreicht.

SKIP

Der Skip-Befehl überspringt den nächsten Befehl, wenn der Elektronenstrahl eine festgelegte Bildschirmposition schon erreicht hat. Mit diesem Befehl lassen sich bedingte Verzweigungen programmieren.

Das Programm für den Copper nennt man Copper-List. In ihr liegen die Befehle direkt hintereinander, wobei jeder Befehl immer aus zwei Wörtern besteht. Beispiel:

```
Wait (X1,Y1)       ;Wartet, bis die Bildschirmposition X1,Y1 erreicht ist
Move #0,$180       ;Schreibt den Wert 0 in das Hintergrundfarbregister
Move #9,$181       ;Schreibt den Wert 1 in das Farbregister 1
Wait (X2,Y2)       ;Wartet, bis die Bildschirmposition X2,Y2 erreicht ist
  ...              usw.
```

Zum Betrieb des Coppers reicht die Copper-List alleine nicht aus. Es sind noch einige Register notwendig, die die für den Copper notwendigen Parameter enthalten.

Die Copper-Register:

Reg.	Name	Funktion
$080	COP1LCH	Diese beiden Register enthalten gemeinsam die
$082	COP1LCL	18-Bit-Adresse der ersten Copper-List.
$084	COP2LCH	Diese beiden Register enthalten gemeinsam die
$086	COP2LCL	18-Bit-Adresse der zweiten Copper-List
$088	COPJMP1	Laden der Adresse der ersten Copper-List in den Programmzähler des Coppers
$08A	COPJMP2	Laden der Adresse der zweiten Copper-List in den Programmzähler des Coppers
$02E	COPCON	Dieses Register enthält nur ein einziges Bit (Bit 0). Ist es gesetzt, kann der Copper auch auf die Register von $040 bis $7E zugreifen. (Dies sind die zum Blitter gehörenden Register.)

Sämtliche Copper-Register sind Nur-Schreib-Register.

Die beiden COPxLC-Register enthalten jeweils die Adresse einer Copper-List. Da diese Adresse 19 Bit lang ist, werden zwei Register pro Adresse benötigt. Sie können, wie in Kapitel 1.5.2 besprochen, mit einem MOVE.L-Befehl in das erste Register gemeinsam beschrieben werden. Die Copper-List muß, wie sonstige Daten für die Custom-Chips, innerhalb der 512 KByte Chip-RAM liegen.

Der Copper benutzt einen internen Programmzähler als Zeiger auf den aktuellen Befehl. Er wird mit jedem abgearbeiteten Befehl um zwei Worte erhöht. Um den Copper jetzt bei einer bestimmten Adresse beginnen lassen zu können, muß die Anfangsadresse der Copper-List in den Programmzähler übertragen werden. Dazu dienen die beiden COPJMPx-Register. Sie stellen sogenannte Strobe-Register da, d.h. ein Wert, den man in eines dieser Register schreibt, wird nicht gespeichert, sodern dient lediglich als Auslöser für eine einmalige Aktion. Aus diesem Grund ist der Wert auch völlig gleichgültig, es kommt nur auf den Zugriff auf ein solches Register an.

Beim Copper dienen diese beiden Register dazu, den Inhalt des entsprechenden COPxLC-Registers in den Programmzähler zu übertragen. Schreibt man also in COPJMP1, wird die Adresse in COP1LC in den Programmzähler übertragen, was zur Folge hat, das der Copper die Ausführung seines Programms dort fortsetzt. Gleiches gilt für COPJMP2 und COP2LC.

Am Beginn der vertikalen Austastlücke, in Zeile 0, wird der Programmzähler automatisch mit dem Wert von COP1LC geladen. Dies hat zur Folge, das der Copper in jedem Bild das selbe Programm ausführt.

Der Aufbau der Befehle

	MOVE		WAIT		SKIP	
Bit	BW1	BW2	BW1	BW2	BW1	BW2
15	x	DW15	VP7	BFD	VP7	BFD
14	x	DW14	VP6	VM6	VP6	VM6
13	x	DW13	VP5	VM5	VP5	VM5
12	x	DW12	VP4	VM4	VP4	VM4
11	x	DW11	VP3	VM3	VP3	VM3
10	x	DW10	VP2	VM2	VP2	VM2
9	x	DW9	VP1	VM1	VP1	VM1
8	RA8	DW8	VP0	VM0	VP0	VM0
7	RA7	DW7	HP8	HM8	HP8	HM8
6	RA6	DW6	HP7	HM7	HP7	HM7
5	RA5	DW5	HP6	HM6	HP6	HM6
4	RA4	DW4	HP5	HM5	HP5	HM5
3	RA3	DW3	HP4	HM4	HP4	HM4
2	RA2	DW2	HP3	HM3	HP3	HM3
1	RA1	DW1	HP2	HM2	HP2	HM2
0	0	DW0	1	0	1	1

Legende:	x	Dieses Bit ist unbenutzt. Sollte mit 0 initialisiert werden.
	RA	Registeradresse
	DW	Datenwort
	VP	Vertikale Strahlposition
	VM	Vertikale Masken-Bits
	HP	Horizontale Strahlposition
	HM	Horizontale Masken-Bits
	BFD	Blitter Finish Disable

Der MOVE-Befehl

Der MOVE-Befehl wird gekennzeichnet durch eine 0 in Bit 0 des ersten Befehlsworts. Mittels dieses Befehls ist es möglich, ein Custom-Chip-Register mit einem unmittelbaren Wert zu beschreiben. Die Registeradresse des gewünschten Registers kommt in die unteren 9 Bits des ersten Datenworts. Dabei muß Bit 0 immer 0 bleiben (Ist bei den Registeradressen sowieso schon auf 0, da die Register ausschließlich auf geraden Adressen liegen). Das zweite Befehlswort enthält das Daten-Byte, das in das Register geschrieben werden soll.

Bei der Registeradresse gibt es einige Einschränkungen. Normalerweise kann der Blitter die Register im Bereich von $000 bis $07F nicht beeinflussen. Setzt man das unterste (und auch einzige) Bit im COPCON-Register, ist es dem Copper auch möglich, in die Register von $040 bis $07F zu schreiben. Dadurch kann der Copper dann den Blitter benutzen. Ein Zugriff auf die untersten Register ($000 bis $03F) ist allerdings immer verboten.

Der WAIT-Befehl

Der WAIT-Befehl wird durch eine 1 in Bit 0 des ersten und eine 0 in Bit 0 des zweiten Befehlsworts gekennzeichnet. Er veranlaßt den Blitter, mit der weiteren Befehlsausführung bis zum Erreichen der gewünschten Strahlposition zu warten. Ist sie beim Auftreten eines Wait-Befehls schon größer als die im Befehl angegebene, der Strahl also schon an der gewünschten Position vorbei, macht der Copper sofort mit der nächsten Instruktion weiter.

Diese Position läßt sich getrennt für die vertikalen Zeilen und horizontalen Spalten einstellen. Vertikal beträgt die Auflösung eine Rasterzeile. Da nur acht Bit für die vertikale Position vorgesehen sind, es aber 313 Zeilen gibt, kann der Wait-Befehl nicht zwischen den ersten 256 und den restlichen 57 Zeilen unterscheiden. Die untersten 8 Bits (mehr lassen sich im Wait-Befehl nicht angeben) sind z.B. sowohl in Zeile 0 und Zeile 256 gleich. Will man gezielt auf eine Zeile im unteren Bereich warten, muß man sich mit zwei WAIT-Befehlen behelfen.

1. WAIT auf Zeile 255.
2. WAIT auf gewünschte Zeile, unter Vernachlässigung des 9. Bits.

Horizontal gibt es 112 mögliche Positionen, da die beiden unteren Bits der horizontalen Position, HP0 und HP1, nicht angegeben werden können. Das Befehlswort des MOVE-Befehls enthält ja nur die Bits HP2 bis HP8. Die horizontale Koordinate eines WAIT-Befehls läßt sich nur in Schritten von vier niedrig auflösenden Punkten angeben.

Das zweite Befehlswort enthält die sogenannten Maskenbits. Mit ihnen kann man festlegen, welche Bits der horizontalen und vertikalen Position überhaupt zum Vergleich mit der aktuellen Strahlposition herangezogen werden. Nur die Positions-Bits, deren zugehörige Masken-Bits gesetzt sind, werden beachtet. Dies eröffnet vielfältige Möglichkeiten:

```
Wait vertikale Position $0F und vertikale Maske $0F
```

bewirkt, daß alle 16 Zeilen die Wait-Bedingung erfüllt wird, nämlich immer, wenn die unteren 4 Bits auf 1 sind, da Bits 4 bis 6 nicht mehr in den Vergleich mit einbezogen werden (Masken-Bits 4 bis 6 sind auf 0). Das 7. Bit der vertikalen Position läßt sich nicht maskieren. Aus diesem Grund funktioniert das obige Beispiel nur im Bereich der Zeilen 0 bis 127 und 256 bis 313.

Das BFD(Blitter Finish Disable)-Bit hat folgende Funktion: Soll der Copper dazu benutzt werden, eine Blitter-Operation zu starten, muß er wissen, wann der Blitter mit der vorangegangenen fertig ist. Ist das BFD-Bit gelöscht, wartet der Copper bei jedem Wait-Befehl, bis der Blitter seine Operation beendet hat. Erst dann wird die übrige Wait-Bedingung geprüft. Dies kann man verhindern, indem man das BFD-Bit setzt. Dadurch ignoriert der Copper den aktuellen Blitter-Status. Wenn der Copper keine Blitter-Register beeinflussen soll, setzt man dieses Bit daher auf 1.

Der SKIP-Befehl

Der SKIP-Befehl ist in seinem Aufbau mit dem Wait-Befehl identisch. Lediglich Bit 0 im zweiten Befehlswort ist gesetzt, um den Skip-Befehl vom Wait-Befehl zu unterscheiden. Der Skip-Befehl prüft, ob die tatsächliche Strahlposition größer oder gleich der im Befehlswort festgelegten ist. Fällt dieser Vergleich positiv aus, überspringt der Copper den nächsten Befehl. Sonst fährt er in seiner Programmabarbeitung sofort mit dem darauffolgenden Befehl fort. Der Skip-Befehl ermöglicht damit den Aufbau bedingter Verzweigungen. So kann der auf

Skip folgende Befehl ein Move in eines der COPJMP-Register sein, wodurch dann je nach Strahlposition ein Sprung ausgelöst werden würde.

Der Aufbau einer Copper-List

Eine einfache Copper-List besteht aus einer Abfolge von Wait- und Move-, seltener auch Skip-Befehlen. Ihre Anfangsadresse befindet sich in COPLC1. Um die Copper-List zu beenden, muß zu einem Trick gegriffen werden. Nach der letzten Instruktion folgt noch ein Wait-Befehl, der aber eine unmögliche Strahlposition als Bedingung hat. Dadurch wird die Abarbeitung der Copper-List beendet, bis durch den Anfang eines neuen Bildes wieder die Adresse von COPLC1 in den Programmzähler des Coppers geladen und die Copper-List erneut bearbeitet wird. Wait ($0,$fe) erfüllt diese Bedingung, denn eine horizontale Position größer $E4 ist nicht möglich.

Der Copper-Interrupt

Wie man weiß, gibt es in den Interrupt-Registern ein spezielles Bit für den Copper-Interrupt. Diesen Interrupt kann man mit einem Move-Befehl in das INTREQ-Register auslösen:

```
MOVE #$8010,INTREQ        ;SET/CLR und COPER setzen
```

Genauso könnte man auch jedes andere Bit dieses Registers beeinflussen, aber Bit 4 ist speziell für den Copper vorgesehen.

Ein Copper-Interrupt kann dazu dienen, dem Prozessor das Erreichen einer bestimmten Bildposition mitzuteilen. Dadurch lassen sich sogenannte Raster-Interrupts programmieren, d.h. die Unterbrechung des Prozessors in einer bestimmten Bildschirmzeile (und Spalte).

Der Copper-DMA

Der Copper holt seine Befehle über einen eigenen DMA-Kanal aus dem Speicher. Er belegt die geraden Buszyklen und hat dabei Vorrang vor Blitter und 68000. Jeder Befehl benötigt zwei Zyklen, da ja zwei Befehlsworte gelesen werden müssen. Der Wait-Befehl benötigt noch einen zusätzlichen Zyklus beim Erreichen der gewünschten Strahlposi-

tion. Während der Wartephase eines Wait-Befehls gibt der Copper den Bus frei.

Das COPEN-Bit im DMACON-Register dient dazu, den Copper-DMA ein- und auszuschalten. Löscht man dieses Bit, gibt der Copper den Bus frei und führt keine weiteren Befehle aus. Setzt man es, beginnt er seine Programmausführung bei der Adresse in seinem Programmzähler. Es ist daher unbedingt notwendig, vor dem Einschalten des Copper-DMA für eine verläßliche Adresse zu sorgen. Ein in ungewissen Speicherbereichen laufender Copper kann das System zum Absturz bringen. Die übliche Initialisierungssequenz für den Copper sieht daher folgendermaßen aus:

```
LEA $DFF000,A5                  ;Basisadresse der Register nach A5
MOVE.W #$0080,DMACON(A5)        ;Copper-DMA aus
MOVE.L #Copperlist,COP1LCH(A5)  ;Adresse der Copper-List setzen
COPJMP1(A5)                     ;Adresse in Copper-Programmzähler
                                ;übertragen
MOVE.W #$8080,DMACON(A5)        ;Copper-DMA wieder einschalten
```

Beispielprogramm

Zum Abschluß noch ein Beispielprogramm. Es bringt mit Hilfe von zwei WAIT- und drei MOVE-Befehlen die deutsche Fahne auf den Bildschirm. Sie läßt sich schon mit einer einfachen Copper-List erzeugen und eignet sich daher gut als Beispiel. Geben Sie das Programm mit einem der handelsüblichen Assembler für den Amiga ein (z.B. Profimat Amiga):

```
;*** Beispiel für eine einfache Copper-List ***

;Custom-Chip-Register

INTENA  = $9A        ;Interrupt-Enable-Register (schreiben)
DMACON  = $96        ;DMA-Kontrollregister (schreiben)
COLOR00 = $180       ;Farbpalettenregister 0

;Copper-Register

COP1LC  = $80        ;Adresse der 1. Copper-List
COP2LC  = $84        ;Adresse der 2. Copper-List
COPJMP1 = $88        ;Sprung nach Copper-List 1
COPJMP2 = $8a        ;Sprung nach Copper-List 2

;CIA-A Portregister A (Maus Taste)

CIAAPRA = $BFE001
```

```
;Exec Library Base Offsets

OpenLibrary = -30-522    ;LibName,Version/a1,d0
Forbid    = -30-102
Permit    = -30-108
AllocMem = -30-168       ;ByteSize,Requirements/d0,d1
FreeMem  = -30-180       ;MemoryBlock,ByteSize/a1,d0

;graphics base

StartList = 38

;Sonstige Label

Execbase = 4
Chip = 2 ;Chip-RAM anfordern

;*** Vorprogramm ***

;Speicher für Copper-List anfordern

Start:
move.l Execbase,a6
moveq  #Clsize,d0                ;Parameter für AllocMem setzen
moveq  #chip,d1                  ;Chip-RAM verlangen
jsr    AllocMem(a6)              ;Speicher anfordern
move.l d0,CLadr                  ;Adresse des RAM-Bereichs speichern
beq.s  Ende                      ;Fehler! -> Ende

;Copper-List nach CLadr kopieren

lea    CLstart,a0
move.l CLadr,a1
moveq  #CLsize-1,d0              ;Schleifenzähler setzen
CLcopy:
move.b (a0)+,(a1)+               ;Copper-List Byte für Byte kopieren
dbf    d0,CLcopy

;*** Hauptprogramm ***

jsr    forbid(a6)                ;Task-Switching sperren
lea    $dff000,a5                ;Basisadresse der Register nach A5
move.w #$03a0,dmacon(a5)         ;DMA sperren
move.l CLadr,cop1lc(a5)          ;Adresse der Copper-List nach COP1LC
clr.w  copjmp1(a5)               ;In Programmzähler des Coppers laden

;Copper-DMA einschalten

move.w #$8280,dmacon(a5)

;Auf linke Maustaste warten

Wait: btst #6,ciaapra            ;Bit testen
bne.s Wait                       ;Gesetzt? Dann warten.

;*** Nachprogramm ***
```

```
;Alte Copper-List wieder aktivieren

move.l #GRname,a1                  ;Parameter für OpenLibrary setzen
clr.l  d0
jsr    OpenLibrary(a6)             ;Graphics-Library öffnen
move.l d0,a4                       ;Adresse von GraphicsBase nach a4
move.l StartList(a4),cop1lc(a5)    ;Adresse der Startlist laden
clr.w  copjmp1(a5)
move.w #$83e0,dmacon(a5)           ;Alle nötigen DMA-Kanäle ein
jsr    permit(a6)                  ;Task-Switching erlauben

;Speicher für Copper-List wieder freigeben

move.l CLadr,a1                    ;Parameter für FreeMem setzen
moveq  #CLsize,d0
jsr    FreeMem(a6)                 ;Speicher wieder freigeben
Ende:
clr.l  d0                          ;Fehler-Flag löschen
rts                                ;Programm verlassen

;Variablen

CLadr: dc.l 0

;Konstanten

GRname: dc.b "graphics.library",0
even

;Copper-List

CLstart:
dc.w color00,$0000                 ;Hintergrundfarbe schwarz
dc.w $780f,$fffe                   ;Auf Zeile 120 warten
dc.w color00,$0f00                 ;Auf Rot umschalten
dc.w $d70f,$fffe                   ;Zeile 215
dc.w color00,$0fb0                 ;Gold
dc.w $ffff,$fffe                   ;Unmögliche Position: Ende Copper-List
CLend:

CLsize = CLend - CLstart

;Ende des Programms
```

Dieses Programm installiert die Copper-List und wartet dann, bis die linke Maustaste gedrückt wird. Leider ist es beim Amiga nicht leicht, dies so zu erledigen, daß man das Programm am Ende ohne einen Reset verlassen kann.

Als erstes benötigt man Speicher, in dem man die Copper-List unterbringen kann. Wie alle Daten für die Custom-Chips muß sie im Chip-RAM stehen. Da man nicht sicher sein kann, ob sich das eigene Programm überhaupt im Chip-RAM befindet, ist es notwendig, die Copper-List in das Chip-RAM zu kopieren. In einem Multitasking-Be-

triebssystem wie das des Amiga kann man nicht einfach irgend etwas in den Speicher schreiben. Man muß den Speicher erst anfordern. Dies geschieht in dem Programm mittels der AllocMem-Routine. Diese gibt in D0 die Adresse des angeforderten Chip-RAM-Bereichs zurück, in den danach die Copper-List kopiert wird.

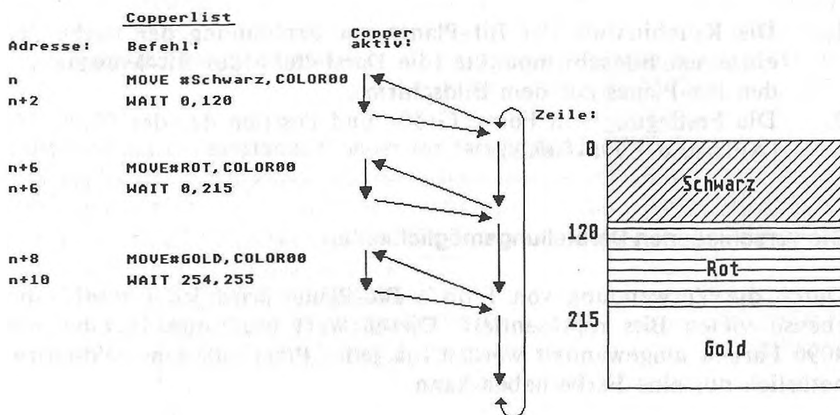
Als nächstes wird mit dem Aufruf von 'Forbid' das Task-Switching abgeschaltet, d.h. der Amiga bearbeitet ab sofort nur noch unser Programm. Dies verhindert, daß unser Programm von einem anderen gestört wird.

Jetzt endlich wird der Copper initialisiert und gestartet. Danach testet das Programm die linke Maustaste, indem es das zugehörige Port-Bit von CIA-A abfragt (siehe Kapitel 1.2.2). Drückt man die Maustaste, verläßt der Prozessor die Warteschleife.

Um wieder zu der alten Anzeige zurückzukommen, wird eine spezielle Copper-List in den Copper geladen und gestartet. Diese Copper-List heißt Startup-Copper-List und initialisiert den Bildschirm. Ihre Adresse findet man im Variablenbereich des für die Grafikfunktionen zuständigen Teils vom Betriebssystem. Zum Abschluß wird dann noch das Task-Switching mittels 'Permit' wieder eingeschaltet und der belegte Speicher mit FreeMem freigegeben.

Nun, dieses Programm überfällt Sie mit einer Vielzahl unbekannter Funktionen des Betriebssystems. Leider läßt sich dies nicht vermeiden, wenn das Programm ordnungsgemäß funktionieren soll. Aber es macht nichts, wenn Sie jetzt nicht alles verstehen. Es kommt ja hauptsächlich auf den Copper an, und dieser Teil des Programms müßte verständlich sein. In den späteren Kapiteln dieses Buches werden Sie ja in die Geheimnisse des Betriebssystems und seiner Routinen eingeführt. Tippen Sie also dieses Beispiel ab und experimentieren Sie mit der Copper-List. Ändern Sie die WAIT-Befehle, oder fügen Sie, ganz nach Belieben, neue hinzu. Wer es sich zutraut, kann es ja auch einmal mit einem SKIP-Befehl versuchen.

Noch ein Hinweis zur Copper-List: Die beiden WAIT-Befehle enthalten als horizontale Position jeweils $E. Dies ist der Anfang der horizontalen Austastlücke. Dadurch vollzieht der Copper die Farbumschaltung außerhalb des sichtbaren Bereichs. Setzt man 0 als horizontale Position, kann man die Farbumschaltung am äußersten rechten Rand des Bildschirms beobachten.



Ablauf der Copperlist aus unserem Beispiel

Abb. 1.5.4

1.5.5 Playfields

Die Bildschirmausgabe des Amiga besteht aus zwei Grundelementen: Sprites und Playfields. In diesem Kapitel sollen Aufbau und Programmierung sämtlicher Arten von Playfields besprochen werden. Die Sprites folgen dann in Kapitel 1.5.6.

Das Playfield ist die Grundlage der normalen Bildschirmdarstellung. Es besteht aus mindestens einer und maximal sechs Bit-Planes. (Der Aufbau einer Bit-Plane wurde in 1.5.2 ja schon erläutert.) Ein Playfield stellt also einen Grafikbildschirm dar, der aus einer variablen Anzahl einzelner Speicherbereiche, den Bit-Planes, zusammengesetzt ist. Der Amiga bietet eine große Anzahl unterschiedlicher Möglichkeiten, Playfields darzustellen:

- Zwischen 2 und 4096 Farben gleichzeitig in einem Bild!
- Auflösungen von 16 auf 1 bis zu 704 auf 625 Punkte!
- Zwei von einander völlig unabhängige Playfields möglich.
- Ruckfreies Scrolling in beide Richtungen (Smooth-Scrolling).

All diese Möglichkeiten kann man in zwei Gruppen aufteilen.

1. Die Kombination der Bit-Planes zur Errechnung der Farbe der einzelnen Bildschirmpunkte (die Darstellung des Bit-Musters aus den Bit-Planes auf dem Bildschirm).
2. Die Festlegung von Form, Größe und Position des/der Playfields (Aufbau der Playfields).

Die verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten

Durch die Verwendung von 1 bis 6 Bit-Planes wird jeder Punkt von ebenso vielen Bits repräsentiert. Dieser Wert muß nun in eine von 4096 Farben umgewandelt werden, da jedes Pixel auf dem Bildschirm natürlich nur eine Farbe haben kann.

Der Amiga erzeugt seine Farben durch Mischen der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau. Jede dieser drei Komponenten kann 16 verschiedene Intensitätsstufen annehmen. Dadurch entstehen insgesamt 4096 Farbtöne (16*16*16 = 4096). Zur Speicherung der Farbwerte werden pro Komponente 4 Bit benötigt. Dies macht 12 Bit pro Farbe.

Wollte man für jeden Punkt eine von 4096 Farben zulassen, bräuchte man 12 Bit pro Punkt. Es sind aber maximal 6 Bit pro Punkt möglich. Aus diesem Grund müssen die 6 Bit umgerechnet werden, um für den sichtbaren Punkt eine der 4096 möglichen Farben zu erhalten.

Die Farbpalette

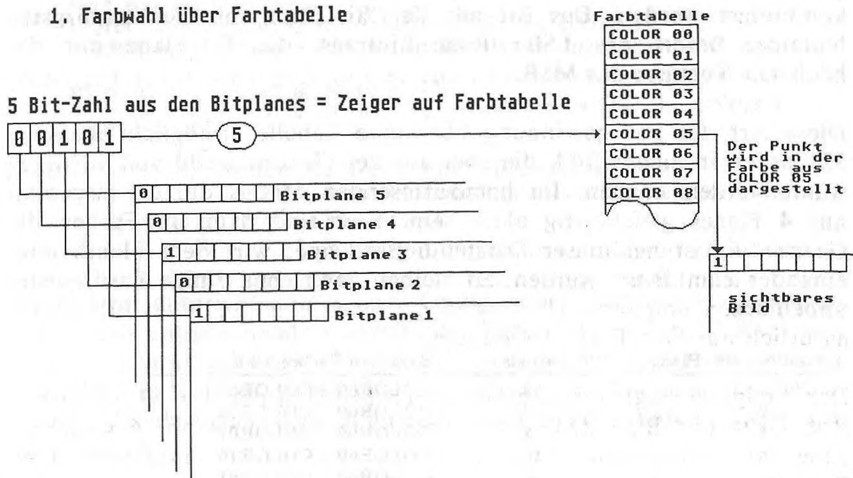


Abb. 1.5.5.1

Man verwendet dazu eine sogenannte Farbpalette oder Farbtabelle. Diese enthält beim Amiga 32 Einträge, die je einen 12-Bit-Farbwert aufnehmen können. Der Wert des ersten Farbregisters COLOR00 dient gleichzeitig als Hintergrund und Rahmenfarbe.

Farbpalettenregister 0-31 (COLOR00 bis 31 (nur Schreiben möglich)):

Registeradr.	Farbpalettenregister
$180	COLOR00
$182	COLOR01
...	usw.
$1BE	COLOR31

Aufbau eines Tabellenelements:

Bit:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
COLORxx:	x	x	x	x	R3	R2	R1	R0	G3	G2	G1	G0	B3	B2	B1	B0

R0-R3 4-Bit-Wert für den Rot-Anteil
G0-G3 4-Bit-Wert für den Grün-Anteil
B0-B3 4-Bit-Wert für den Blau-Anteil
Die oberen vier mit "x" bezeichneten Bits sind ungenutzt.

Der aus den Bit-Planes gewonnene Wert wird nun als Zeiger auf ein Tabellenelement verwendet. Da es nur 32 dieser Farbtabellenregister gibt, können in diesem Modus maximal 5 Bit-Planes miteinander kombiniert werden. Das Bit aus der Bit-Plane mit der niedrigsten Nummer liefert das LSB dieses Eintrags, die Bit-Plane mit der höchsten Nummer das MSB.

Diese Art der Farbgewinnung über eine Tabelle ermöglicht maximal 32 Farben in einem Bild, die aber aus der Gesamtanzahl von 4096 gewählt werden können. Im hochauflösenden Modus dürfen insgesamt nur 4 Planes gleichzeitig aktiv sein. Hier sind dann 16 Farben die Grenze. Es ist bei dieser Darstellungsart egal, wie viele Planes miteinander kombiniert werden. Es bleiben dann eben einige Farbregister unbenutzt:

Anzahl der Bit-Planes	Farben	Benutzte Farbregister
1	2	COLOR00 - COLOR01
2	4	COLOR00 - COLOR03
3	8	COLOR00 - COLOR07
4	16	COLOR00 - COLOR15
5	32	COLOR00 - COLOR31

Der Extra-Halfbright-Modus

Im niedrigauflösenden Modus können maximal 6 Bit-Planes verwendet werden. Dies ergibt einen Wertebereich von 2^6 oder 0 bis 63. Es sind aber nur 32 Farbregister vorhanden. Man verwendet aus diesem Grund dafür eine spezielle Technik, den Extra-Halfbright-Modus. Die unteren 5 Bits (Bits 0 bis 4 aus den Planes 1 bis 5) dienen weiterhin als Zeiger auf ein Farbregister. Der Inhalt dieses Farbregisters wird direkt auf den Bildschirm ausgegeben, wenn Bit 5 (aus Bit-Plane 6) = 0 ist. Liegt dieses Bit aber auf 1, wird der Farbwert durch zwei dividiert, bevor er auf dem Bildschirm ausgegeben wird.

Durch zwei dividiert bedeutet, daß die Werte der drei Farbkomponenten um 1 Bit nach rechts geschoben werden, was ja einer Division durch zwei entspricht. Da die einzelnen Komponenten danach nur noch halb so groß sind, wird auf dem Bildschirm zwar dieselbe Farbe dargestellt, aber mit halber Helligkeit, daher auch der englische Name Extra-Halfbright, was soviel heißt wie "Besonderer Modus für halbe Helligkeit".

Beispiel:

```
Bit-Nr.: 5 4 3 2 1 0
Wert aus den Bit-Planes:  1 0 0 1 0 0
Ergibt Tabelleneintrag Nr. 8 (binär 00100 ist gleich 8)
COLOR08 soll folgenden Wert enthalten (Farbe: Orange):

R3 R2 R1 R0 G3 G2 G1 G0 B3 B2 B1 B0
1  1  1  0  0  1  1  0  0  0  0  1
```

Da Bit 5 = 1 ist, werden die Werte um 1 Bit verschoben:

```
R3 R2 R1 R0 G3 G2 G1 G0 B3 B2 B1 B0
0  1  1  1  0  0  1  1  0  0  0  0
```

Dieser Wert entpricht immer noch Orange, aber jetzt nur noch halb so hell. Durch entsprechende Auswahl der Farbwerte in den 32 Registern ist es im Extra-Halfbright-Modus machbar, jedem Punkt eine von 64 möglichen Farben zu geben. In die Farbregister kommen die hellen Farben, die dazugehörigen dunkleren Töne werden durch Setzen von Bit 5 erreicht.

Der Hold-And-Modify-Modus

Dieser Modus ermöglicht die Darstellung aller 4096 Farben in einem Bild. Er ist wie der Extra-Halfbright-Modus nur bei niedriger Auflösung möglich, da er ebenfalls alle 6 Bit-Planes benötigt. In diesem Modus macht man sich die Tatsache zunutze, daß die Farben in einem normalen Bild selten sprunghaft wechseln. Meistens benötigt man fließende Übergänge vom Hellen ins Dunkle oder umgekehrt.

Im Hold-And-Modify-Modus, kurz HAM genannt, wird die Farbe des vorangegangenen Punkts von dem darauffolgenden modifiziert. Dadurch kann man die gewünschten feinen Farbabstufungen entstehen lassen, indem man z.B. den Blauanteil mit jedem Pixel um einen Schritt erhöht. Eingeschränkt ist man allerdings dadurch, daß immer nur eine Komponente beeinflußt werden kann, von einem Punkt zum nächsten läßt sich entweder der Rot-, Grün- oder Blau-Wert verändern, nie aber mehrere gleichzeitig. Um aber einen fließenden Übergang von Dunkel nach Hell zu erzielen, müssen bei vielen Mischfarben alle drei Farbanteile verändert werden. Dies kann im HAM-Modus nur erreicht werden, indem man mit jedem Punkt eine der Komponenten auf den gewünschten Wert setzt. Man benötigt dafür dann drei Punkte.

Als Ausgleich kann man die Farbe eines Pixels auch direkt ändern, indem man weiterhin eine von 16 Farben aus der Farbtabelle holen kann. Wie wird der Wert aus den Bit-Planes im HAM-Modus interpretiert?

Die oberen beiden Bits (Bits 4 und 5 aus Bit-Planes 5 und 6) bestimmen die Verwendung der unteren vier Bits (Bit-Planes 1 bis 4). Sind Bit 4 und 5 auf 0, werden die restlichen vier Bits wie üblich als Zeiger auf eines der Farbpalettenregister verwendet. Es können also 16 Farben direkt angewählt werden. Bei einer Kombinationen der Bits 4 und 5, die ungleich 0 ist, wird der Farbwert des letzten Punkts genommen (links von dem aktuellen Pixel), zwei der drei Farbkomponenten bleiben erhalten, die dritte wird durch den Wert aus den unteren vier Bits des aktuellen Punkts ersetzt. Die Wahl zwischen den drei Farbanteilen übernehmen dabei die oberen beiden Bits.

Dies hört sich komplizierter an, als es ist. Folgende Tabelle veranschaulicht die Verwendung der unterschiedlichen Bit-Kombinationen:

Bit-Nr.:

5	4	3	2	1	0	Funktion
0	0	C3	C2	C1	C0	Die Bits C0 bis C3 werden als Zeiger auf eines der Farbregister im Bereich von COLOR00 bis COLOR15 verwendet. Dies ist identisch mit der normalen Farbwahl.
0	1	B3	B2	B1	B0	Der Rot- und Grünwert des letzten (linken) Pixels bleibt erhalten. Der alte Blauwert wird durch den Wert von B0 bis B3 ersetzt.
1	0	R3	R2	R1	R0	Der Blau- und Grünwert des letzten Pixels bleibt erhalten. Der alte Rotwert wird durch R0 bis R3 ersetzt.
1	1	G3	G2	G1	G0	Der Blau- und Rotwert des letzten Pixels bleibt erhalten. Der alte Grünwert wird durch G0 bis G3 ersetzt.

Beim ersten Punkt einer Zeile wird die Rahmenfarbe (COLOR00) als Farbe des vorangegangenen Punktes verwendet.

Der Dual-Playfield-Modus

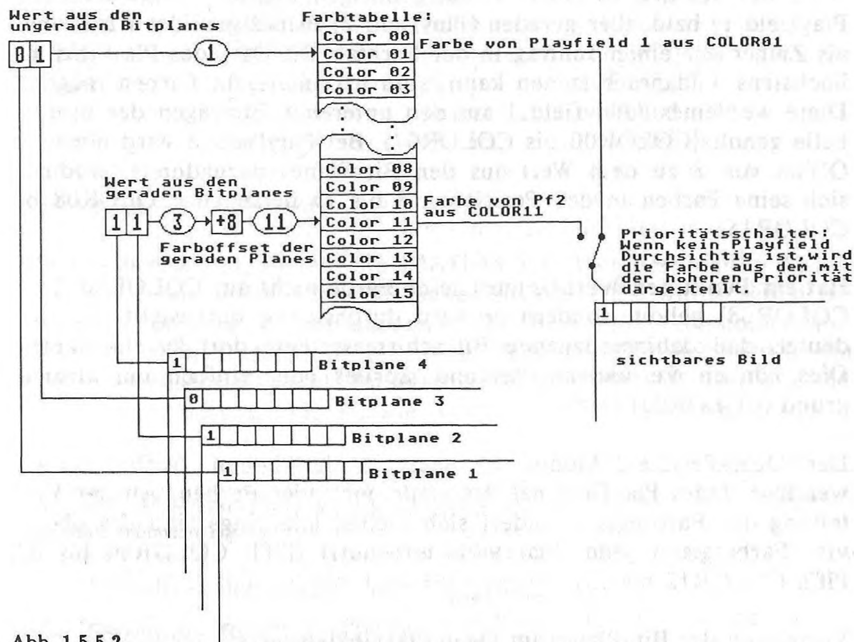


Abb. 1.5.5.2

Die bisher beschriebenen Modi verwendeten lediglich ein einziges Playfield. Der Dual-Playfield-Modus erlaubt die simultane Darstellung von zwei völlig voneinander unabhängigen Playfields. Es existieren dann quasi zwei Bildschirme, die auf einem Monitor übereinander gelegt werden. Sie können (fast) völlig getrennt benutzt werden.

Dies ist besonders für Spiele interessant. Z.B. läßt sich damit sehr einfach ein Fernrohreffekt produzieren. Dazu wird das vordere Playfield mit schwarzen Punkten gefüllt. Lediglich in der Mitte bleibt ein Loch, durch das man dann einen Ausschnitt des hinteren Playfields sehen kann.

Jedes der beiden Playfields bekommt die Hälfte der aktivierten Bit-Planes für seine Darstellung. Playfield 1 wird aus den ungeraden Planes (odd planes) gebildet, Playfield 2 besteht aus den geraden (even

planes). Ist eine ungerade Anzahl von Bit-Planes in Betrieb, hat Playfield 1 eine Bit-Plane mehr zur Verfügung.

Die Farbauswahl erfolgt im Dual-Playfield-Modus wie üblich: Der Wert, der aus den zu einem Punkt gehörigen Bits aller ungeraden (für Playfield 1) bzw. aller geraden (Playfield 2) Planes gebildet wird, dient als Zeiger auf einen Eintrag in der Farbtabelle. Da jedes Playfield aus höchstens 3 Planes bestehen kann, sind maximal acht Farben möglich. Diese werden bei Playfield 1 aus den unteren 8 Einträgen der Farbtabelle geholt (COLOR00 bis COLOR07). Bei Playfield 2 wird noch ein Offset von 8 zu dem Wert aus den Bit-Planes dazuaddiert, wodurch sich seine Farben in den Positionen 8 bis 15 befinden (COLOR08 bis COLOR15).

Hat ein Punkt den Wert 0, wird seine Farbe nicht aus COLOR00 (bzw. COLOR08) geholt, sondern er wird durchsichtig dargestellt. Die bedeutet, daß dahinterliegende Bildschirmelemente dort zu sehen sind. Dies können das andere Playfield, Sprites oder einfach der Hintergrund (COLOR00) sein.

Der Dual-Playfield-Modus ist auch in der hohen Auflösung anwendbar. Jedes Playfield hat dann nur noch vier Farben. An der Verteilung der Farbregister ändert sich nichts, allerdings sind die oberen vier Farbregister jedes Playfields unbenutzt (Plf1: COLOR04 bis 07, Plf2: COLOR12 bis 15).

Verteilung der Bit-Planes im Dual-Playfield-Modus:

Bit-Planes	Planes in Playfield 1	Planes in Playfield 2
1	Plane 1	keine
2	Plane 1	Plane 2
3	Plane 1 und 3	Plane 2
4	Plane 1 und 3	Plane 2 und 4
5	Plane 1, 3 und 5	Plane 2 und 4
6	Plane 1, 3 und 5	Plane 2, 4 und 6

Farbauswahl im Dual-Playfield-Modus:

Playfield 1		Playfield 2	
Planes 5, 3, 1	Farbreg.	Planes 6, 4, 2	Farbreg.
0 0 0	Transparent	0 0 0	Transparent
0 0 1	COLOR01	0 0 1	COLOR09
0 1 0	COLOR02	0 1 0	COLOR10
0 1 1	COLOR03	0 1 1	COLOR11
1 0 0	COLOR04	1 0 0	COLOR12
1 0 1	COLOR05	1 0 1	COLOR13
1 1 0	COLOR06	1 1 0	COLOR14
1 1 1	COLOR07	1 1 1	COLOR15

Der Aufbau der Playfields

Wie schon erwähnt, besteht ein Playfield aus einer bestimmten Anzahl Bit-Planes. Wie sehen diese Bit-Planes aus? In 1.5.2 wurde schon beschrieben, daß sie als fortlaufender Speicherbereich konzipiert sind, wobei je nach Bildschirmbreite eine Zeile durch eine Anzahl von Worten repräsentiert wird. Im Normalfall sind dies 20 Worte in der niedrigen Auflösung (320 Punkte durch 16 Punkte pro Wort) und 40 (640/16) in der hohen.

Um den genauen Aufbau des Playfields festzulegen, sind folgende Schritte notwendig:

- Definition der gewünschten Bildgröße.
- Setzen der Bit-Plane-Größe.
- Anzahl der Bit-Planes wählen.
- Farbtabelle initialisieren.
- Gewünschten Modus festlegen (Hires, Lores, HAM usw.).
- Copper-List aufbauen.
- Copper initialisieren.
- Copper- und Bit-Plane-DMA aktivieren.

Festlegung der Bildgröße

Der Amiga erlaubt eine freie Positionierung der linken oberen und der rechten unteren Ecke des sichtbaren Bereichs des/der Playfields. Damit läßt sich sowohl die Bildposition als auch die Bildgröße variieren. Die Auflösung beträgt vertikal eine Rasterzeile und horizontal einen niedrig auflösenden Pixel, zwei Register enthalten Werte. DIWSTRT

(Display Window Start) legt die horizontale und vertikale Startposition des Bildschirmfensters fest, d.h. die Zeile bzw. Spalte, in der die Darstellung des Playfields beginnt.

DIWSTOP (Display Window Stop) enthält die Endposition + 1. Damit ist die erste Zeile/Spalte nach dem Playfield gemeint. Soll es z.B. bis Zeile 250 gehen, muß man 251 als DIWSTOP-Wert angeben.

Außerhalb des sichtbaren Bereiches wird die Rahmenfarbe dargestellt. (Sie entspricht der Hintergrundfarbe und kommt aus dem COLOR00-Register.)

DIWSTRT $08E (nur schreiben)

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	V7	V6	V5	V4	V3	V2	V1	V0	H7	H6	H5	H4	H3	H2	H1	H0

DIWSTOP $90 (nur schreiben)

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	V7	V6	V5	V4	V3	V2	V1	V0	H7	H6	H5	H4	H3	H2	H1	H0

Die in DIWSTRT festgelegte Startposition ist auf das obere linke Viertel des Bildschirms beschränkt, dies sind die Zeilen und Spalten 0 bis 255, da die fehlenden MSBs V8 und H8 als 0 angenommen werden. Gleiches gilt für die horizontale Endposition, nur wird hier H8 als 1 vorausgesetzt, womit sie innerhalb des Bereichs von 256 bis 458 liegt. Bei der vertikalen Endposition wurde ein anderer Weg begangen. Es sollten sowohl Positionen kleiner als auch größer 256 möglich sein. Aus diesem Grund wird das MSB der vertikalen Endposition, V8, durch Invertieren des V7-Bits erzeugt. Dadurch ist eine Endposition im Bereich der Zeilen von 128 bis 312 möglich. Bei Endpositionen von 256 bis 312 setzt man V7 auf 0 und damit V8 auf 1. Legt man V7 auf 1 geht V8 auf 0 und man erhält eine Position zwischen 128 und 255.

Das normale Bildschirmfenster hat eine obere linke Eckposition von horiz. 129 und vert. 41. Die untere rechte Ecke liegt bei 448, 296, d.h. DIWSTOP muß auf 449, 297 gesetzt werten. Die zugehörigen Werte für DIWSTRT- und DIWSTOP betragen hexadezimal $2981 und $29C1. Mit diesen Werten wird der normale Amiga-Screen von 640 auf 256 Punkten (bzw. 320 auf 256) in der Mitte des Bildschirms zentriert.

Warum verwendet man nicht den gesamten möglichen Bildschirmbereich? Dafür gibt es mehrere Gründe. Erstens stellt ein normaler Monitor nicht das gesamte Bild dar. Sein sichtbarer Bereich beginnt gewöhnlich erst einige Spalten bzw. Zeilen nach der jeweiligen Austastlücke. Außerdem ist eine Bildröhre nicht rechteckig. Würde man das Bildschirmfenster so hoch und breit wie die Monitorröhre einstellen, verdeckten die Ecken der Röhre ein Teil des Bildes.

Eine weitere Beschränkung erfahren die DIWSTRT- und DIWSTOP-Werte durch die Austastlücken. Vertikal fällt sie in den Bereich der Zeilen von 0 bis 25. Damit ist der sichtbare vertikale Bereich auf die Zeilen von 26 bis 312 ($1A bis $138) beschränkt. Innerhalb der Spalten 30 bis 106 ($1E bis $6A) liegt die horizontale Austastlücke. Es sind horizontale Positionen ab 107 ($6B) möglich.

Nachdem man die Position des Bildschirmfensters festgelegt hat, müssen auch noch Anfang und Ende des Bit-Plane-DMA eingestellt werden. Damit die Punkte zum gewünschten Zeitpunkt auf dem Bildschirm erscheinen, müssen die Daten aus den Bit-Planes rechtzeitig gelesen werden. Vertikal ist dies kein Problem. Bildschirm-DMA beginnt und endet in der Zeile wie das in DIWSTRT und DIWSTOP eingestellte Bildschirmfenster.

Horizontal ist es etwas komplizierter. Damit ein Punkt auf dem Bildschirm dargestellt werden kann, benötigt die Elektronik aus jeder Bit-Plane das aktuelle Wort. Bei 6 Bit-Planes in der niedrigen Auflösung sind acht Buszyklen nötig, um alle Bit-Planes zu lesen. In der hohen Auflösung sind es nur vier. (Zur Erinnerung: in einem Buszyklus werden 2 niedrig- oder 4 hochauflösende Punkte dargestellt.)

Zusätzlich braucht die Hardware noch einen halben Buszyklus, bevor die Daten auf dem Schirm erscheinen können. Der Bit-Plane-DMA muß also genau 8.5 Zyklen (17 Punkte) vor dem Anfang des Bildschirmfensters beginnen (4.5 Zyklen oder 9 Punkte in der hohen Auflösung, siehe Abbildung 1.5.2.3).

Der Buszyklus des ersten Bit-Plane-DMA in der Zeile wird in dem Register DDFSTRT (Display Data Fetch Start) abgelegt, der des letzten in DFFSTOP (Display Data Fetch Stop):

DDFSTRT $092 (nur schreiben)
DDFSTOP $094 (nur schreiben)

Bit-Nr.:	15	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	x	x	x	x	x	x	x	H8	H7	H6	H5	H4	H3	x	x

Die Auflösung beträgt acht Buszyklen im niedrigauflösenden Modus (Lores Modus), wobei H3 immer auf 0 liegt, und vier im hochauflösenden Modus (Hires Modus). Hier dient H3 als unterstes Bit. Der Grund für die beschränkte Auflösung liegt in der Aufteilung des Bit-Plane-DMA. Im Lores-Modus wird jede Bit-Plane alle acht Buszyklen einmal gelesen. Aus diesem Grund muß der DDFSTRT-Wert ein ganzzahliges Vielfaches von Acht sein (H1 bis H3 = 0). Gleiches gilt für den Hires-Modus, nur sind es hier vier Buszyklen (H1 und H2 = 0). Allerdings sollte die Differenz aus DIWSTRT und DIWSTOP immer durch acht teilbar sein, da die Hardware, unabhängig von der Auflösung, die Zeile in Bereiche zu je 8 Buszyklen aufteilt. Auch im Hires-Modus wird der Bit-Plane-DMA nach DIWSTOP noch 8 Buszyklen lang ausgeführt, dabei werden immer 32 Punkte gelesen.

Die korrekten Werte für DIWSTRT und DIWSTOP errechnen sich wie folgt:

Berechnung von DDFSTRT und DDFSTOP im Lores-Modus:

```
HStart  = Horizontaler Start des Bildschirmfensters
DDFSTRT = (HStart/2 - 8.5) AND $FFF8
DDFSTOP = DDFSTRT + (PunkteproZeile/2 - 8)
```

Dies ergibt für HStart = $81 und 320 Punkte pro Zeile:

```
DDFSTRT = ($81/2 - 8.5) AND $FFF8 = $38
DDFSTOP = $38 + (320/2 - 8) = $D0
```

Berechnung von DDFSTRT und DDFSTOP im Hires-Modus:

```
DDFSTRT = (HStart/2 - 4.5) AND $FFFC
DDFSTOP = DDFSTRT + (PunkteproZeile/4 - 8)
```

Dies ergibt für HStart = $81 und 640 Punkte pro Zeile:

```
DDFSTRT = ($81/2 - 4.5) AND $FFFC = $3C
DDFSTOP = $3C + (640/4 - 8) = $D4
```

DDFSTRT darf nicht kleiner als $18 werden. DDFSTOP ist auf maximal $D8 beschränkt. Die Gründe dafür kann man in Kapitel 1.5.2 nachlesen. Ein DDFSTRT-Wert kleiner $28 hat keinen Sinn mehr, da

die Punkte dann noch innerhalb der horizontalen Austastlücke dargestellt werden müßten, was nicht möglich ist (Ausnahme: Scrolling). Da sich bei DDFSTRT-Positionen kleiner $34 die DMA-Zyklen der Bit-Planes und Sprites überlappen, sind je nach DDFSTRT einige Sprites nicht mehr darstellbar.

Verschieben des Bildschirmfensters

Will man das Bildschirmfenster mittels DIWSTRT und STOP horizontal verschieben, kann es passieren, daß die Differenz zwischen DIWSTRT und DDFSTRT nicht genau 8.5 Buszyklen (17 Punkte) beträgt, da man DFFSTRT ja nur in Schritten von acht Buszyklen festlegen kann. In solch einem Fall würde ein Teil des ersten Datenwortes im unsichtbaren Bereich links neben der Grenze des Bildschirmfensters verschwinden. Um dies zu beheben, gibt es die Möglichkeit, die gelesenen Daten vor der Ausgabe auf dem Bildschirm soweit nach rechts zu verschieben, daß sie mit dem Beginn des Bildschirmfensters übereinstimmen. Wie man dies programmiert, wird im Abschnitt über das Scrolling genau erläutert.

Festlegen der Bit-Map-Adressen

Die Werte in DDFSTRT und DDFSTOP bestimmen, wieviele Datenworte pro Zeile dargestellt werden. Für jede Bit-Map muß jetzt die Startadresse gesetzt werde, damit der DMA-Controller weiß, von wo er die Punktdaten lesen soll. 12 Register enthalten diese Adressen. Je zwei Register, BPLxPTH und BPLxPTL, bilden sie gemeinsam für die Bit-Plane x. Zusammen einfach nur BPLxPT (BitPlanexPointer, Zeiger auf Bit-Plane x).

Adr.	Name	Funktion	
$0E0	BPL1PTH	Anfangsadresse der	Bits 16-18
$0E2	BPL1PTL	Bit-Plane 1	Bits 0-15
$0E4	BPL2PTH	Anfangsadresse der	Bits 16-18
$0E6	BPL2PTL	Bit-Plane 2	Bits 0-15
$0E8	BPL3PTH	Anfangsadresse der	Bits 16-18
$0EA	BPL3PTL	Bit-Plane 3	Bits 0-15
$0EC	BPL4PTH	Anfangsadresse der	Bits 16-18
$0F0	BPL4PTL	Bit-Plane 4	Bits 0-15
$0F2	BPL5PTH	Anfangsadresse der	Bits 16-18
$0F4	BPL5PTL	Bit-Plane 5	Bits 0-15
$0F6	BPL6PTH	Anfangsadresse der	Bits 16-18
$0F8	BPL6PTL	Bit-Plane 6	Bits 0-15

Der DMA-Controller geht bei der Darstellung der Bit-Planes folgendermaßen vor: Der Bit-Plane-DMA bleibt inaktiv, bis die erste Zeile des Bildschirmfensters erreicht wird (DIWSTRT). Jetzt holt er ab

der in DFFSTRT festgelegten Spalte die Datenworte der verschiedenen Bit-Planes. Dabei hält er sich an das Timing in Abbildung 1.5.2.3. Als Zeiger auf die Daten im Chip-RAM verwendet er die BPLxPT. Nach jedem gelesenen Datenwort wird BPLxPT um ein Wort erhöht. Die gelesenen Worte gelangen in die BPLxDAT-Register. Diese Register werden nur vom DMA-Kanal benutzt. Sind alle sechs BPLxDAT-Register mit zusammengehörigen Datenworten aus den Bit-Planes versorgt worden, gelangen die Daten Bit für Bit zu der Videologik in Denise, die je nach gewähltem Modus eine der 4096 Farben auswählt und diese dann auf dem Bildschirm ausgibt.

Beim Erreichen von DFFSTOP pausiert der Bit-Plane-DMA bis zum DFFSTRT der nächsten Zeile, dann wiederholt sich der Vorgang bis zum Ende der letzten Zeile des Bildschirmfensters (DIWSTOP).

Der BPLxPT zeigt jetzt auf das erste Wort nach der Bit-Plane. Da aber im nächsten Bild der BPLxPT wieder auf das erste Wort der zugehörigen Bit-Plane zeigen soll, muß er wieder zurückgesetzt werden. Die erledigt der Copper schnell und problemlos. Eine Copper-List für ein Playfield mit 4 Bit-Planes sieht im einfachsten Fall wie folgt aus:

```
AdrPlanexH = Adresse der Plane x, Bits 16-18
AdrPlanexL = Adresse der plane x, Bits 0-15

MOVE #AdrPlane1H,BPL1PTH      ;Zeiger auf Bit-Plane 1
MOVE #AdrPlane1L,BPL1PTL      ;Initialisieren
MOVE #AdrPlane2H,BPL2PTH      ;Zeiger auf Bit-Plane 2
MOVE #AdrPlane2L,BPL2PTL      ;Initialisieren
MOVE #AdrPlane3H,BPL3PTH      ;Zeiger auf Bit-Plane 3
MOVE #AdrPlane3L,BPL3PTL      ;Initialisieren
MOVE #AdrPlane4H,BPL4PTH      ;Zeiger auf Bit-Plane 4
MOVE #AdrPlane4L,BPL4PTL      ;Initialisieren
WAIT ($FF,$FE)                ;Ende der Copper-List (Warten auf
                              ;unmögliche Bildschirmposition)
```

Das Zurücksetzen der BPLxPT ist unbedingt notwendig. Wenn man keine Copper-List verwenden will, muß man dies den Prozessor im Vertical-Blanking-Interrupt erledigen lassen.

Scrolling und extragroße Playfields

Die bisherigen Playfields hatten immer genau die Größe des Bildschirmfensters. Oft wäre es aber nützlich, ein großes Playfield im Speicher zu haben, von dem immer nur ein Ausschnitt im Bildschirmfenster zu sehen ist, den man aber ruckfrei in alle Richtungen verschieben kann. Dies ist beim Amiga problemlos möglich. Folgende

Abschnitte zeigen dies sowohl in Richtung der X- als auch der Y-Achse.

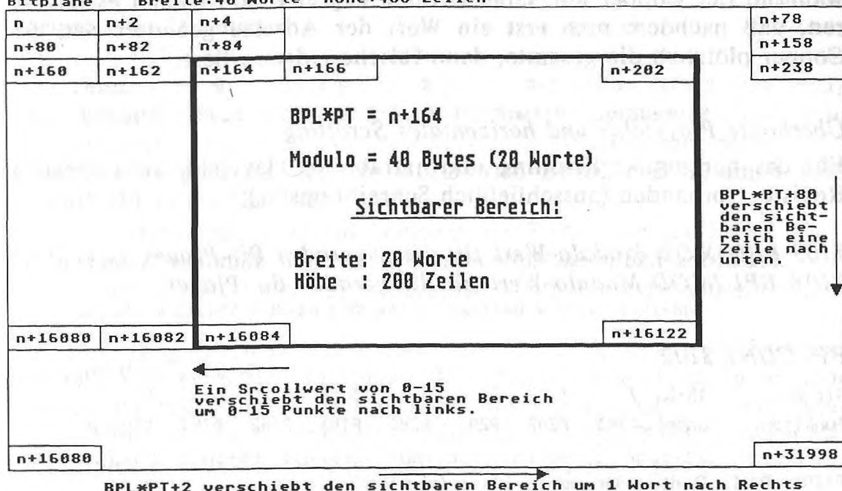


Abb. 1.5.5.3

Überhohe Playfields und vertikales Scrolling

Vertikal läßt sich dies sehr einfach realisieren. Man legt dazu wie üblich die notwendigen Bit-Planes im Speicher an, aber diesmal mit mehr Zeilen als im Bildschirmfenster festgelegt. Bei einem 256 Zeilen hohen Standardfenster hätte z.B. ein doppelt so hohes Playfield im Speicher einfach 512 Zeilen. Um das Bildschirmfenster jetzt ruckfrei über dieses überhohe Playfield zu bewegen, verändert man die Werte der BPLxPT. Soll das Bildschirmfenster z.B. den Bereich von 100 bis 356 darstellen, muß der BPLxPT auf das erste Wort der 100. Zeile zeigen. Bei einer Bildbreite von 320 Punkten belegt jede Zeile 20 Worte (40 Byte) im Speicher. Multipliziert mit den 100 Zeilen ergibt sich eine Adresse von 4000. Plus der Anfangsadresse des großen Playfields erhält man so den gewünschten Wert, der in die BPLxPT muß. Um das Playfield im Bildschirmfenster zu scrollen, verändert man einfach diesen Wert mit jedem Bild um eine odere mehrere Zeilen, je nach gewünschter Scrollgeschwindigkeit. Da die BPLxPT nur außerhalb des sichtbaren Bereichs verändert werden dürfen, bedient man sich wieder obiger Copper-List. Man kann dann zu einem beliebigen Zeitpunkt

die Adressen in der Copper-List verändern, der Copper schreibt sie automatisch zum richtigen Zeitpunkt in die BPLxPT-Register. Man muß lediglich aufpassen, daß man die Copper-List nicht verändert, während der Copper auf seine Befehle zugreift. Sonst kann es passieren, daß nachdem man erst ein Wort der Adresse geändert hat, der Copper plötzlich die gesamte, dann falsche Adresse liest.

Überbreite Playfields und horizontales Scrolling

Für das horizontale Scrolling und extrabreite Playfields sind spezielle Register vorhanden (ausschließlich Schreibregister):

$108 BPL1MOD Modulo-Wert für die ungeraden Bit-Planes
$10A BPL2MOD Modulo-Wert für die geraden Bit-Planes

BPLCON1 $102

Bit-Nr:	15-8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	Unbel.	P2H3	P2H2	P2H1	P2H0	P1H3	P1H2	P1H1	P1H0

P1H0 - P1H3 Position der geraden Planes (vier Bits)
P2H0 - P2H3 Position der ungeraden Planes (vier Bits)

Die Modulo-Werte aus den BPLxMOD-Registern erlauben sogenannte rechteckige Speicherbereiche. Dieses Prinzip wird bei der Amiga-Hardware noch öfters verwendet. Es ermöglicht innerhalb eines großen Speicherbereichs, der in Zeilen und Spalten eingeteilt ist, einen kleineren zu definieren, der ebenfalls eine festgelegte Höhe und Breite besitzt. Nehmen wir an, der große Speicherbereich, in diesem Fall unser Playfield, wäre 640 Punkte breit und 256 hoch. Das ergäbe also 256 Zeilen zu je 40 Worten (80 Bytes). Der kleine entspricht dem Bildschirmfenster, es soll die normale Größe von 320 auf 200 Punkten haben, d.h. nur 20 Worte pro Zeile. Das Problem dabei ist, daß der BPLxPT bei der Ausgabe einer Zeile um 20 Worte erhöht wird. Um auf den Anfang der nächsten Zeile unseres Playfields zeigen zu können, müßte er aber 40 Worte weiter sein. Es müßte also nach jeder Zeile ein Wert von 20 Worten zu dem BPLxPT addiert werden. Genau dies kann der Amiga automatisch erledigen. Man schreibt die Differenz der beiden unterschiedlichen Zeilenlängen in die Modulo-Register. Nach der Ausgabe einer Zeile wird dieser Wert automatisch zu dem BPLxPT addiert.

- Breite des Playfields: 80 Bytes (40 Worte).
- Breite des Bildschirmfensters: 40 Bytes (20 Worte).

- Notwendiger Modulo-Wert: 40 Bytes (Der Modulo-Wert muß immer in einer geraden Anzahl Bytes angegeben werden).
- Start = Anfangsadresse der ersten Zeile des Playfields.

Ausgabe der 1. Zeile:

Wort:	0	1	2	3	...	19
BPLxPT:	Start	Start+2	Start+4	Start+6	...	Start+38

Nach der Ausgabe des letztem Worts wird BPLxPT noch um 1 Wort erhöht: BPLxPT = Start+40

Nach dem Zeilenende wird der Modulo-Wert zu BPLxPT addiert:

```
BPLxPT = BPLxPT + Modulo BPLxPT = Start+40 + 40 = Start+80
```

Ausgabe der 2. Zeile:

Wort:	0	1	2	3	...	19
BPLxPT:	Start+80	Start+82	Start+84	Start+86	...	Start+118

usw. Oben wurde die linke Hälfte der großen Bit-Map im Bildschirmfenster dargestellt. Will man bei einer anderen horizontalen Position beginnen, addiert man einfach zu dem Anfangswert von BPLxPT die gewünschte Anzahl von Worten, wobei der Modulo-Wert gleich bleibt.

Die Startwerte sind wie oben. Lediglich BPLxPT steht nicht auf Start, sondern auf Start+40, damit wird die rechte Hälfte des großen Playfields angezeigt.

Ausgabe der 1. Zeile:

Wort:	0	1	2	3	...	19
BPLxPT:	Start+40	Start+42	Start+44	Start+46	...	Start+78

Nach Ausgabe des letzten Worts:

```
BPLxPT = Start+80
```

Jetzt wird der Modulo-Wert zu BPLxPT addiert:

```
BPLxPT = BPLxPT+Modulo BPLxPT = Start+80 + 40 = Start+120
```

Ausgabe der 2. Zeile:

Wort:	0	1	2	3	...	19
BPLxPT:	Start+120	Start+122	Start+124	Start+126	...	Start+158

usw. Der Modulo-Wert läßt sich für die geraden und ungeraden Bit-Planes getrennt einstellen. Dies ermöglicht im Dual-Playfield-Modus zwei unterschiedlich große Playfields. Arbeitet man nicht mit diesem Modus, setzt man beide BPLxMOD-Register auf den gleichen Modulo-Wert.

Mit Hilfe der BPLxPT- und der BPLxMOD-Register läßt sich der Bildschirm horizontal in Schritten von 16 Punkten verschieben. Feines Scrolling in Schritten von einem Punkt wird durch das BPLCON1-Register möglich. Die unteren vier Bits enthalten den Scrollwert der geraden Planes, Bits 4 bis 7 den der ungeraden. Dieser Scrollwert verzögert die Ausgabe der gelesenen Punktdaten für die entsprechenden Planes. Ist er auf Null, werden die Daten genau 8.5 (Hires: 4.5) Buszyklen nach der DDFSTRT-Position ausgegeben, ansonsten erscheinen sie bis zu fünfzehn Punkte später, je nach dem Scrollwert, d.h. das Bild verschiebt sich also innerhalb des feststehenden Bildschirmfensters um den Wert von BPLCON1 nach rechts.

Ein fließendes Scrolling des Bildschirminhalts nach rechts kann man erreichen, wenn man den Wert von BPLCON1 schrittweise von 0 auf 15 erhöht und dann wieder auf 0 zurücksetzt, wobei man gleichzeitig den BPLxPT wie oben beschrieben um 1 Wort erniedrigt.

Ein Scrolling nach links ergibt sich, wenn man den Scrollwert von 15 auf 0 herabzählt und dann BPLxPT um 1 Wort erhöht. BPLCON1 sollte nur außerhalb des sichtbaren Bereichs verändert werden. Entweder erledigt man dies innerhalb des Vertical-Blanking-Interrupts, oder man verwendet wieder den Copper. Dann kann man den Wert in der Copper-List zu jedem beliebigen Zeitpunkt ändern, er wird immer während der vertikalen Austastlücke in das BPLCON1-Register geschrieben.

Verschiebt man aber das Bild mittels des BPLCON1-Werts nach rechts, werden die überschüssigen Punkte zwar an der linken Kante korrekt abgeschnitten, an der rechten erscheinen aber keine neuen Punkte, da dort ja noch gar keine Punktdaten gelesen wurden. Um dies zu verhindern, muß der DDFSTRT-Wert gegenüber seinem normalen Beginn um 8 Buszyklen (Hires: 4 Buszyklen) vorverlegt werden.

Man errechnet wie üblich anhand des gewünschten Bildschirmfensters den DDFSTRT-Wert und verringert ihn zusätzlich um 8 (bzw. 4). Aus dem normalen DDFSTRT-Wert von $38 wird dann $30 (Dadurch wird Sprite 7 abgeschaltet). Dieses zusätzlich gelesene Wort ist im Normalfall nicht sichtbar. Erst wenn der Scrollwert ungleich 0 ist, erscheinen seine Punkte in den freiwerdenden Positionen an der linken Kante des Bildschirmfensters. Hat dieses die Breite von 320 Punkten, werden jetzt 21 statt der üblichen 20 Datenworte pro Zeile gelesen. Bei der Berechnung der Bit-Planes und der Modulo-Werte muß man das berücksichtigen.

Mit Hilfe des Scrollwerts kann man auch das Bildschirmfenster horizontal beliebig positionieren. Beträgt die Differenz aus DIWSTRT und DFFSTRT mehr als 17 Punkte, verschiebt man die gelesenen Daten einfach um eben diesen Mehrbetrag nach rechts.

Der Interlace-Modus

Obwohl im Interlace-Modus die doppelte Zeilenzahl darstellbar ist, unterscheidet er sich programmtechnisch nur durch einen geänderten Modulo-Wert und eine neue Copper-List von der normalen Darstellung. Wie im Kapitel 1.5.2 beschrieben, werden im Interlace-Modus mit jedem Bild abwechselnd die geraden oder die ungeraden Zeilen ausgegeben. Damit man ein Interlace-Playfield im Speicher normal darstellen kann, setzt man den Modulo-Wert gleich der Anzahl der Worte pro Zeile. Nach der Ausgabe einer Zeile wird dadurch noch einmal die Länge einer Zeile zum BPLxPT addiert, was gleichbedeutend mit dem Überspringen der nächsten Zeile ist. In jedem Bild wird nur jede zweite Zeile ausgegeben. Jetzt muß noch der BPLxPT in Übereinstimmung mit dem Halbbildtyp abwechselnd auf die erste oder die zweite Zeile des Playfields gesetzt werden, damit entweder die geraden oder die ungeraden Zeilen angezeigt werden. In einem Long Frame setzt man BPLxPT auf Zeile 1 (nur ungerade Zeilen), in einem Short Frame auf Zeile 2 (nur gerade Zeilen). Die Copper-List für ein Interlace-Playfield ist etwas komplizierter, es sind zwei Listen für die beiden Halbbildtypen nötig, die sich mit jedem Bild abwechseln:

Copper-List für ein Interlace-Playfield:

```
Zeile1 = Adresse der ersten Zeile der Bit-Plane.
Zeile2 = Adresse der zweiten Zeile der Bit-Plane.
```

Copper1:

```
MOVE #Zeile1Hi,BPLxPTH      ;Zeiger für BPLxPT auf die Adresse
MOVE #Zeile1Lo,BPLxPTL      ;der ersten Zeile setzen
...                         ;Sonstige Copper-Befehle
MOVE #Copper2Hi,COP1LCH     ;Adresse der Copper-List auf Copper2
MOVE #Copper2Lo,COP1LCL     ;setzen
WAIT ($FF,$FE)              ;Ende der 1. Copper-List
```

Copper2:

```
MOVE #Zeile2Hi,BPLxPTH      ;Zeiger für BPLxPT auf die Adresse
MOVE #Zeile2Lo,BPLxPTL      ;der zweiten Zeile setzen
...                         ;Sonstige Copper-Befehle
MOVE #Copper1Hi,COP1LCH     ;Adresse der Copper-List auf Copper1
MOVE #Copper1Lo,COP1LCL     ;setzen
WAIT ($FF,$FE)              ;Ende der 2. Copper-List
```

Der Copper wechselt nach jedem Bild selbständig seine Copper-List, indem er am Ende einer Befehlsliste die Adresse der anderen in COP1LC lädt. Diese Adresse wird mit dem Beginn des nächsten Bildes automatisch in den Programmzähler des Coppers geladen. Die Initialisierung des Interlace-Modus sollte mit Sorgfalt erfolgen, damit die Copper-List für die ungeraden Zeilen auch wirklich innerhalb eines Long Frames abgearbeitet wird:

- COP1LC auf Copper1 setzen.

- LOF-Bit (Bit 15) im VPOS-Register ($2A) auf 0 setzen. Dies stellt sicher, daß nach dem Einschalten des Interlace-Modus das erste Halbbild ein Long Frame ist und damit zur Copper-List Copper1 paßt. Das LOF-Bit wird im Interlace-Modus mit jedem Halbbild invertiert. Setzt man es auf 0, springt es mit Beginn des nächsten Halbbildes auf 1. Dadurch ist dieses dann sicher ein Long Frame.

- Interlace-Modus an.

- Warten auf erste Zeile des nächsten Bildes (Zeile 0).

- Copper-DMA ein.

Alle sonstigen Registerfunktionen bleiben im Interlace-Modus unverändert. Sämtliche Zeilenangaben (z.B. in DIWSTRT) beziehen sich immer auf die Zeilennummer innerhalb des aktuellen Halbbilds (0 - 311 für ein Short Frame und 0 - 312 für ein Long Frame). Schaltet man den Interlace-Modus ein, ohne andere Register zu verändern,

bemerkt man lediglich ein leichtes Zittern des Bildes, da jetzt die Zeilen der Halbbilder gegeneinander versetzt werden, aber beide Bilder dieselben Grafikdaten enthalten. Erst wenn man mittels geeigneter Copper-List, doppelt so großen Bit-Planes und entsprechenden Modulo-Werten dafür sorgt, das in jedem Halbbild andere Daten dargestellt werden, erreicht man die gewünschte Verdoppelung der Zeilenzahl.

Der Interlace-Modus bringt ein stärkeres Flimmern mit sich, da jede Zeile nur noch alle zwei Halbbilder und damit 25mal pro Sekunde aufgefrischt wird. Dieses Flimmern kann man auf ein Minimum herabsetzen, wenn zwischen den verschiedenen Farben in der Farbtabelle möglichst kleine Kontraste (geringe Helligkeitsunterschiede) bestehen. Denn das menschliche Auge kann bei niedrigem Kontrast schnelle Bildwechsel schlechter erkennen.

Die Kontrollregister

Um all die verschiedenen Modi zu aktivieren, existieren drei Kontrollregister, BPLCON0 bis BPLCON2. BPLCON1 enthält die Scroll-Werte. Die beiden anderen sind wie folgt aufgebaut:

BPLCON0 $100

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	HIRES	Hochauflösender Modus ein (HIRES = 1)
14	BPU2	Die drei BPUx-Bits ergeben zusammen eine
13	BPU1	3-Bit-Zahl, die die Anzahl der verwendeten
12	BPU0	Bit-Planes enthält (0 bis 6).
11	HOMOD	Hold-and-Modify ein (HOMOD = 1)
10	DBPLF	Dual-Playfield ein (DBPLF = 1)
9	COLOR	Videoausgang Farbe (COLOR = 1)
8	GAUD	Genlock Audio ein (GAUD = 1)
7-4	---	Unbenutzt
3	LPEN	Lightpen-Eingang aktivieren (LPEN = 1)
2	LACE	Interlace-Modus ein (LACE = 1)
1	ERSY	Externe Synchronisation ein (ERSY = 1)
0	---	Unbenutzt

HIRES

Mit dem Hires-Bit wird der hochauflösende Modus (Hires, 640 Punkte/Zeile) eingeschaltet.

BPL0 - BPL2

Diese drei Bits ergeben zusammen eine 3-Bit-Zahl, die die Anzahl der aktivierten Bit-Planes auswählt. Es sind nur Werte zwischen 0 und 6 erlaubt.

HOMOD und DBPLF

Diese beiden Bits wählen den entsprechenden Modus aus. Sie dürfen nicht gemeinsam aktiv sein. Der Extra-Halfbright-Modus wird automatisch aktiviert, wenn man alle 6 Bit-Planes einschaltet, aber weder HOMOD oder DBPLF anwählt.

LACE

Wenn das LACE-Bit gesetzt ist, wird das LOF-Frame-Bit im VPOS-Register mit dem Anfang jedes neuen Bildes invertiert, wodurch der gewünschte Wechsel zwischen Long- und Shortframes stattfindet.

COLOR

Das Color-Bit schaltet den Colorburst-Ausgang von Agnus ein. Nur wenn Agnus dieses Colorburstsignal liefert, kann der Videomischer ein Farbvideosignal erzeugen. Ansonsten bleibt es Schwarz/Weiß. Der RGB-Ausgang wird davon nicht beeinflußt.

ERSY

Das ERSY-Bit schaltet die Anschlüsse für die vertikalen und horizontalen Synchronsignale von Ausgang auf Eingang um. Damit läßt sich das Amigabild durch externe Signale synchronisieren. Das Genlock-Interface nutzt dieses Bit, um das Amigabild mit einem beliebigem Videobild mischen zu können. Auch das GAUD-Bit ist fürs Genlock-Interface gedacht (siehe Schnittstellen 1.3.2).

BPLCON2 $104

Bit-Nr.:	15-7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	Unbel.	PF2PRI	PF2P2	PF2P1	PF2P0	PF1P2	PF1P1	PF1P0

PF2P0-PF2P2 und PF1P0-PF1P2 bestimmen die Priorität der Sprites in Bezug auf die Playfields (siehe nächstes Kapitel).

PF2PRI: Ist dieses Bit gesetzt, haben die geraden Planes Priorität vor den ungeraden, d.h. sie erscheinen vor den ungeraden Planes. Das Bit hat nur im Dual-Playfield-Modus sichtbare Auswirkungen.

Aktivierung der Bildschirmdarstellung

Nachdem alle oben beschriebenen Register mit den gewünschten Werten versehen wurden, muß noch der DMA-Kanal für die Bit-Planes eingeschaltet werden und, falls der Copper verwendet wird (was ja gewöhnlich der Fall ist), auch dessen DMA-Kanal. Folgender Move-Befehl erledigt dies, indem er die DMAEN-, BPLEN- und COPEN-Bits im DMA-Kontrollregister DMACON setzt:

```
MOVE.W #$8310,$DFF096
```

Beispielprogramme

Programm 1: Extra Half Bright Demo

Dieses Programm erzeugt ein Playfield mit den Standardmaßen 320 auf 256 Punkten im Lowres-Modus. Dabei werden 6 Bit-Planes verwendet, wodurch automatisch der Extra-Halfbright-Modus aktiviert wird. Am Anfang belegt das Programm den notwendigen Speicher. Da erst jetzt die Adressen der einzelnen Bit-Planes bekannt sind, wird die Copper-List nicht aus dem Programm herauskopiert, sondern direkt im Chip-RAM erstellt. Sie enthält nur die Befehle zum Setzen der BPLxPT-Register.

Damit man auch etwas von den 64 möglichen Farben sieht, zeichnet das Programm an zufälligen Positionen 16*16 Punkte große Blöcke in allen Farben. Als Zufallszahlengenerator wird dabei das VHPOS-Register verwendet.

```
;*** Demo für den Extra-Halfbright-Modus ***

;Custom-Chip-Register

INTENA  = $9A                ;Interrupt-Enable-Register (schreiben)
DMACON  = $96                ;DMA-Kontrollregister (schreiben)
COLOR00 = $180               ;Farbpalettenregister 0
VHPOSR  = $6                 ;Strahlposition (lesen)

;Copper-Register

COP1LC  = $80                ;Adresse der 1. Copper-List
COP2LC  = $84                ;Adresse der 2. Copper-List
```

```
COPJMP1 = $88                  ;Sprung nach Copper-List 1
COPJMP2 = $8a                  ;Sprung nach Copper-List 2

;Bit-Plane-Register

BPLCON0 = $100                 ;Bit-Plane Kontrollregister 0
BPLCON1 = $102                 ;1 (Scroll-Werte)
BPLCON2 = $104                 ;2 (Sprite<>Playfield Priorität)
BPL1PTH = $0E0                 ;Zeiger auf 1. Bit-Plane
BPL1PTL = $0E2                 ;
BPL1MOD = $108                 ;Modulo-Wert für ungerade Bit-Planes
BPL2MOD = $10A                 ;Modulo-Wert für gerade Bit-Planes
DIWSTRT = $08E                 ;Start des Bildschirmfensters
DIWSTOP = $090                 ;Ende des Bildschirmfensters
DDFSTRT = $092                 ;Bit-Plane DMA Start
DDFSTOP = $094                 ;Bit-Plane DMA Stop

;CIA-A-Port-Register A (Maustaste)

CIAAPRA = $bfe001

;Exec Library Base Offsets

OpenLibrary = -30-522          ;LibName,Version/a1,d0
Forbid      = -30-102
Permit      = -30-108
AllocMem    = -30-168          ;ByteSize,Requirements/d0,d1
FreeMem     = -30-180          ;MemoryBlock,ByteSize/a1,d0

;graphics base

StartList   = 38

;Sonstige Label

Execbase    = 4
Planesize   = 40*256           ;Größe der Bit-Plane: 40 Bytes auf 256 Zeilen
CLsize      = 13*4             ;Die Copper-List enthält 13 Befehle
Chip        = 2                ;Chip-RAM anfordern
Clear       = Chip+$10000      ;Chip-RAM vorher löschen

;*** Vorprogramm ***

Start:

;Speicher für die Bit-Planes anfordern

move.l Execbase,a6
move.l #Planesize*6,d0         ;Speicherbedarf aller Planes
move.l #clear,d1               ;Speicher soll mit Nullen gefüllt werden
jsr    AllocMem(a6)            ;Speicher anfordern
move.l d0,Planeadr             ;Adresse der ersten Plane speichern
beq    Ende                    ;Fehler! -> Ende

;Speicher für Copper-List anfordern

moveq  #Clsize,d0              ;Größe der Copper-List
moveq  #chip,d1
```

```
jsr     AllocMem(a6)
move.l d0,CLadr
beq     FreePlane                    ;Fehler! -> RAM für Bit-Planes wieder freigeben

;Copper-List erstellen

moveq  #5,d4                         ;6 Planes = 6 Schleifendurchläufe
move.l d0,a0                         ;Adresse der Copper-List nach a0
move.l Planeadr,d1
move.w #bpl1pth,d3                   ;Erstes Register nach d3

MakeCL: move.w d3,(a0)+              ;BPLxPTH ins RAM
addq.w  #2,d3                        ;Nächstes Register
swap    d1
move.w  d1,(a0)+                     ;Hi-Wort der Planeadresse ins RAM
move.w  d3,(a0)+                     ;BPLxPTL ins RAM
addq.w  #2,d3                        ;Nächstes Register
swap    d1
move.w  d1,(a0)+                     ;Lo-Wort der Plane-Adresse ins RAM
add.l   #planesize,d1                ;Adresse der nächsten Plane berechnen

dbf     d4,MakeCL

move.l  #$fffffffe,(a0)              ;Ende der Copper-List

;*** Hauptprogramm ***

;DMA und Task-Switching sperren

jsr     forbid(a6)
lea     $dff000,a5
move.w #$03e0,dmacon(a5)

;Copper initialisieren

move.l CLadr,cop1lc(a5)
clr.w  copjmp1(a5)

;Farbtabelle mit unterschiedlichen Farben füllen

moveq  #31,d0                        ;Zähler für Farbregister
lea    color00(a5),a1
moveq  #1,d1 ;erste Farbe
SetTab:
move.w d1,(a1)+                      ;Farbe in Farbregister
mulu   #3,d1                         ;Nächste Farbe berechnen
dbf    d0,SetTab

;Playfield initialisieren

move.w #$3081,diwstrt(a5)            ;Standardwerte für
move.w #$30c1,diwstop(a5)            ;Bildschirmfenster
move.w #$0038,ddfstrt(a5)            ;und Bit-Plane-DMA
move.w #$00d0,ddfstop(a5)
move.w #%0110001000000000,bplcon0(a5)        ;6 Bit-Planes
clr.w  bplcon1(a5)                           ;Kein Scrolling
clr.w  bplcon2(a5)                   ;Priorität ist egal
```

```
clr.w  bpl1mod(a5)                 ;Modulo für alle Planes gleich Null
clr.w  bpl2mod(a5)

;DMA ein
move.w #$8380,dmacon(a5)

;Bit-Plane modifizieren

moveq #40,d5                       ;Bytes pro Zeile
clr.l d2                           ;Mit Farbe 0 beginnen

Loop:  clr.l d0
move.w vhposr(a5),d0               ;Zufallswert nach d0
and.w  #$3ffe,d0                   ;Überflüssige Bits ausmaskieren
cmp.w  #$2580,d0                   ;Größer als Plane?
bcs    Weiter                      ;Wenn nein, dann weiter
and.w  #$1ffe,d0                   ;Sonst oberes Bit löschen
Weiter: move.l Planeadr,a4         ;Adresse der 1.Bit-Plane nach a4
add.l  d0,a4                       ;Adresse des Blocks berechnen
moveq  #5,d4                       ;Zähler für Bit-Planes
move.l d2,d3                       ;Farbe in Arbeitsregister

Block:
clr.l  d1
lsr    #1,d3                       ;Ein Bit aus Farbnummer in X-Flag
negx.w d1                          ;d1 an X-Flag angleichen
moveq  #15,d0                      ;16 Zeilen pro Block
move.l a4,a3                       ;Blockadresse in Arbeitsregister

Fill:
move.w d1,(a3)                     ;Wort in Bit-Plane
add.l  d5,a3                       ;Nächste Zeile errechen
dbf    d0,Fill

add.l #Planesize,a4                ;Nächste Bit-Plane
dbf   d4,Block

addq.b #1,d2                       ;Nächste Farbe
btst   #6,ciaapra                  ;Maustaste gedrückt?
bne    Loop                        ;Nein -> weitermachen

;*** Nachprogramm ***

;Alte Copper-List wieder aktivieren

move.l #GRname,a1                  ;Parameter für OpenLibrary setzen
clr.l  d0
jsr    OpenLibrary(a6)             ;Graphics-Library öffnen
ove.l  d0,a4
move.l StartList(a4),cop1lc(a5) ;Adresse der Startlist
clr.w  copjmp1(a5)
move.w #$8060,dmacon(a5)           ;Abgeschaltete DMA-Kanäle wieder an
jsr    permit(a6)                  ;Task-Switching wieder erlauben

;Speicher für Copper-List wieder freigeben

move.l CLadr,a1                    ;Parameter für FreeMem setzen
moveq  #CLsize,d0
```

```
jsr    FreeMem(a6)                 ;Speicher freigeben

;Speicher für Bit-Planes wieder freigeben
FreePlane:
move.l Planeadr,a1
move.l #Planesize*6,d0
jsr    FreeMem(a6)

Ende:
clr.l  d0
rts                                ;Programm verlassen

;Variablen

CLadr:    dc.l 0
Planeadr: dc.l 0

;Konstanten

GRname:   dc.b "graphics.library",0

;Programmende
```

Programm 2: Dual-Playfield & Smooth Scrolling

Dieses Programm verwendet mehrere Effekte auf einmal: Erstens schafft es einen Dual-Playfield-Bildschirm mit einer Lowres-Bit-Plane pro Playfield. Dann vergrößert es das normale Bildschirmfenster so, daß keine Ränder mehr zu sehen sind, und zuletzt scrollt es Playfield 1 horizontal und Playfield 2 vertikal.

Am Anfang und Ende werden wieder die üblichen Routinen zur Speicherbelegung usw. verwendet.

Beide Playfields werden mit einem Schachbrettmuster aus 16*16 Punkten großen Feldern gefüllt.

Die Hauptschleife des Programms, die das Scrolling ausführt, wartet zuerst auf eine Zeile innerhalb der vertikalen Austastlücke, in der das Betriebssystem schon alle eventuellen Interrupt-Routinen abgearbeitet und der Copper die BPLxPT gesetzt hat. Danach zählt es den vertikalen Scroll-Zähler hoch, errechnet den neuen BPLxPT für Playfield 2 und schreibt ihn in die Copper-List.

Die horizontale Scroll-Position entsteht durch Trennen des Scroll-Zählers in die unteren 4 Bits und den Rest. Die unteren 4 Bits werden in den Scroll-Wert für Playfield 1 im BPLCON1-Register geschrieben, aus dem 5. Bit wird der neue BPLxPT errechnet und in die Copper-List kopiert.

Sowohl der horizontale als auch der vertikale Scroll-Zähler werden von 0 bis 31 hochgezählt und dann wieder auf 0 zurückgesetzt. Dies reicht für den Effekt eines fließenden Scrollings, da sich der Inhalt der Playfields aufgrund des verwendeten Musters alle 32 Punkte wiederholt.

```
*** Dual-Playfield & Scroll Demo ***

;Custom-Chip-Register

INTENA  = $9A                     ;Interrupt-Enable-Register (schreiben)
INTREQR = $1e                     ;Interrupt-Request-Register (lesen)
DMACON  = $96                     ;DMA-Kontrollregister (schreiben)
COLOR00 = $180                    ;Farbpalettenregister 0
VPOSR   = $4                      ;Strahlposition (lesen)

;Copper-Register

COP1LC  = $80                     ;Adresse der 1. Copper-List
COP2LC  = $84                     ;Adresse der 2. Copper-List
COPJMP1 = $88                     ;Sprung nach Copper-List 1
COPJMP2 = $8a                     ;Sprung nach Copper-List 2

;Bit-Plane-Register

BPLCON0 = $100                    ;Bit-Plane-Kontrollregister 0
BPLCON1 = $102                    ;1 (Scroll-Werte)
BPLCON2 = $104                    ;2 (Sprite<>Playfield Priorität)
BPL1PTH = $0E0                    ;Zeiger auf 1. Bitplane
BPL1PTL = $0E2                    ;
BPL1MOD = $108                    ;Modulo-Wert für ungerade Bit-Planes
BPL2MOD = $10A                    ;Modulo-Wert für gerade Bit-Planes
DIWSTRT = $08E                    ;Start des Bildschirmfensters
DIWSTOP = $090                    ;Ende des Bildschirmfensters
DDFSTRT = $092                    ;Bit-Plane DMA Start
DDFSTOP = $094                    ;Bit-Plane DMA Stop

CIA-A Portregister A (Maustaste)

CIAAPRA = $bfe001

;Exec Library Base Offsets

OpenLibrary = -30-522             ;LibName,Version/a1,d0
Forbid      = -30-102
Permit      = -30-108
AllocMem    = -30-168              ;ByteSize,Requirements/d0,d1
FreeMem     = -30-180              ;MemoryBlock,ByteSize/a1,d0

;graphics base

StartList = 38

;Sonstige Label
```

```
Execbase   = 4
Planesize  = 52*345                 ;Größe der Bit-Plane
Planewidth = 52
CLsize     = 5*4                    ;Die Copper-List enthält 5 Befehle
Chip       = 2                      ;Chip-RAM anfordern
Clear      = Chip+$10000            ;Chip-RAM vorher löschen

;*** Vorprogramm ***

Start:

;Speicher für die Bit-Planes anfordern

move.l Execbase,a6
move.l #Planesize*2,d0              ;Speicherbedarf der Planes
move.l #clear,d1
jsr    AllocMem(a6)                 ;Speicher anfordern
move.l d0,Planeadr
beq.L  Ende                         ;Fehler! -> Ende

;Speicher für Copper-List anfordern

moveq  #Clsize,d0
moveq  #chip,d1
jsr    AllocMem(a6)
move.l d0,CLadr
beq.L  FreePlane                    ;Fehler! -> Speicher der Planes freigeben

;Copper-List erstellen

moveq  #1,d4                        ;Zwei Bit-Planes
move.l d0,a0
move.l Planeadr,d1
move.w #bpl1pth,d3

MakeCL: move.w d3,(a0)+
addq.w  #2,d3
swap    d1
move.w  d1,(a0)+
move.w  d3,(a0)+
addq.w  #2,d3
swap    d1
move.w  d1,(a0)+
add.l   #planesize,d1               ;Adresse der nächsten Plane

dbf     d4,MakeCL

move.l  #$fffffffe,(a0)             ;Ende der Copper-List

;*** Hauptprogramm ***

;DMA und Task-Switching sperren

jsr    forbid(a6)
lea    $dff000,a5
move.w #$01e0,dmacon(a5)
```

```
;Copper initialisieren

move.l CLadr,cop1lc(a5)
clr.w  copjmp1(a5)

;Playfield initialisieren

move.w #0,color00(a5)
move.w #$0f00,color00+2(a5)
move.w #$000f,color00+18(a5)
move.w #$1a64,diwstrt(a5)                ;26,100
move.w #$39d1,diwstop(a5)                ;313,465
move.w #$0020,ddfstrt(a5)                ;Ein zusätzliches Wort lesen
move.w #$00d8,ddfstop(a5)
move.w #%0010011000000000,bplcon0(a5)    ;Dual-Playfield an
clr.w  bplcon1(a5)                       ;Scroll-Wert am Anfang auf 0
clr.w  bplcon2(a5)                       ;Playfield 1 vor Playfield 2
move.w #4,bpl1mod(a5)                    ;Modulo auf 2 Worte
move.w #4,bpl2mod(a5)

;DMA ein
move.w #$8180,dmacon(a5)

;Bit-Planes mit Schachbrettmuster füllen

move.l planeadr,a0
move.w #planesize/2-1,d0            ;Schleifenzähler
move.w #13*16,d1                    ;Höhe = 16 Zeilen
move.l #$ffff0000,d2                ;Schachbrettmuster
move.w d1,d3

fill:   move.l d2,(a0)+
subq.w  #1,d3
bne.s   weiter
swap    d2                          ;Muster wechseln
move.w  d1,d3
weiter: dbf d0,fill

;Playfields scrollen

clr.l  d0                           ;Vertikale Scroll-Position
clr.l  d1                           ;Horizontale Scroll-Position
move.l CLadr,a1                     ;Adresse der Copper-List
move.l Planeadr,a0                  ;Adresse der ersten Bit-Plane

;Auf Rasterzeile 16 warten (nach den Exec-Interrupts)

wait: move.l vposr(a5),d2           ;Position lesen
and.l #$0001FF00,d2                 ;Horizontale Bits ausmaskieren
cmp.l #$00001000,d2                 ;Auf Zeile 16 warten
bne.S wait

;Playfield 1 vertikal scrollen

addq.b #2,d0                        ;Vertikalen Scroll-Zähler erhöhen
cmp.w  #$80,d0                      ;Schon auf 128 (4*32)?
bne.S  novover
clr.l  d0                           ;Dann zurück auf 0
```

```
novover:
move.l d0,d2                      ;Scroll-Zähler kopieren
lsr.w  #2,d2                      ;Kopie durch 4 dividieren
mulu   #52,d2                     ;Anzahl Bytes Zeile * Scroll-Position
add.l  a0,d2                      ;Plus Adresse erster Plane
add.l  #Planesize,d2              ;Plus Plane-Größe
move.w d2,14(a1)                  ;Ergibt Endadresse für Copper-List
swap   d2
move.w d2,10(a1)

;Playfield 2 horizontal scrollen

addq.b #1,d1                      ;Horizontalen Scroll-Zähler erhöhen
cmp.w  #$80,d1                    ;Schon auf 128 (4*32)
bne.S  nohover
clr.l  d1                         ;Dann zurück auf 0
nohover:
move.l d1,d2                      ;Scroll-Zähler kopieren
lsr.w  #2,d2                      ;Kopie durch 4 dividieren
move.l d2,d3                      ;Scroll-Position kopieren
and.w  #$FFF0,d2                  ;Untere 4 Bit ausmaskieren
sub.w  d2,d3                      ;Untere 4 Bit in d3 isolieren
move.w d4,bplcon1(a5)             ;Letzten Wert in BPLCON1
move.w d3,d4                      ;Neuen Scroll-Wert nach d4
lsr.w  #3,d2                      ;Neue Adresse für Copper-List
add.l  a0,d2                      ;ausrechnen
move.w d2,6(a1)                   ;und in Copper-List schreiben
swap   d2
move.w d2,2(a1)

btst  #6,ciaapra                  ;Maustaste gedrückt?
bne.S wait                        ;Nein -> weitermachen

;*** Nachprogramm ***

;Alte Copper-List wieder aktivieren

end:   move.l #GRname,a1          ;Parameter für OpenLibrary setzen
clr.l  d0
jsr    OpenLibrary(a6)            ;Graphics-Library öffnen
move.l d0,a4
move.l StartList(a4),cop1lc(a5)
clr.w  copjmp1(a5)
move.w #$83e0,dmacon(a5)
jsr    permit(a6)                 ;Task-Switching einschalten

;Speicher für Copper-List wieder freigeben

move.l CLadr,a1                   ;Parameter für FreeMem setzen
moveq  #CLsize,d0
jsr    FreeMem(a6)                ;Speicher freigeben

;Speicher für Bit-Planes wieder freigeben
FreePlane:
move.l Planeadr,a1
move.l #Planesize*2,d0
jsr    FreeMem(a6)
```

```
Ende:
clr.l d0
rts                             ;Programm verlassen

;Variablen

CLadr:    dc.l 0
Planeadr: dc.l 0
test:     dc.l 0

;Konstanten

GRname:   dc.b "graphics.library",0

;Programmende
```

1.5.6 Sprites

Sprites sind kleine Grafik-Elemente, die völlig unabhängig von den Playfields verwendet werden können. Jedes Sprite ist 16 Punkte breit und kann maximal die Höhe des ganzen Bildschirmfensters haben. Es kann eine beliebige Position auf dem Bildschirm einnehmen. Normalerweise befindet sich ein Sprite vor dem/den Playfield(s). Seine Punkte verdecken die der dahinterliegenden Grafik. Der Mauszeiger wird z.B. durch ein Sprite dargestellt. Beim Amiga sind maximal acht Sprites möglich. Ein Sprite ist normalerweise dreifarbig, es besteht aber die Möglichkeit, zwei Sprites zu einem neuen Sprite mit fünfzehn Farben zu kombinieren.

Der Aufbau der Sprites

Farbwahl

Die Farbwahl bei den Sprites ähnelt sehr derjenigen eines Dual-Playfield-Bildschirms. Ein Sprite ist sechzehn Punkte breit, die von zwei Datenworten repräsentiert werden, die sozusagen zwei "Mini-Bit-Planes" darstellen. Denn wie bei den Bit-Planes wird die Farbe eines Punktes von zusammengehörigen Bits aller Bit-Planes gebildet. Bei einem Sprite wird die Farbe des ersten Punkts (dies ist der am weitesten links stehende Punkt des Sprites) durch die beiden höchstwertigen Bits (Bit 15) beider Datenworte ausgewählt. Die beiden niederwertigsten Bits (Bit 0) bestimmen die Farbe des letzten Punkts. Jeder Punkt wird also von einem 2-Bit-Datenwert repräsentiert, der vier verschiedene Werte annehmen kann. Um aus diesem Wert die tatsächliche Farbe des Punkts zu gewinnen, wird wieder die Farbtabelle verwendet. Es gibt

keine eigenen Farbregister für Sprites. Allerdings werden die Sprite-Farben aus der hinteren Tabellenhälfte geholt, also aus den Farbregistern 16 - 31. Damit kommen Sprite- und Playfield-Farben erst miteinander in Konflikt, wenn Playfields mit mehr als 16 Farben kreiert werden.

Diese Tabelle zeigt die Zugehörigkeit von Farbregistern und Sprites:

Sprite-Nr.	Sprite-Daten	Farbregister
0 & 1	0 0	Durchsichtig
	0 1	COLOR17
	1 0	COLOR18
	1 1	COLOR19
2 & 3	0 0	Durchsichtig
	0 1	COLOR21
	1 0	COLOR22
	1 1	COLOR23
4 & 5	0 0	Durchsichtig
	0 1	COLOR25
	1 0	COLOR26
	1 1	COLOR27
6 & 7	0 0	Durchsichtig
	0 1	COLOR29
	1 0	COLOR30
	1 0	COLOR31

Je zwei aufeinanderfolgende Sprites haben dieselben Farbregister.

Wie schon im Dual-Playfield-Modus wird die Bit-Kombination von zwei Nullen nicht in einer bestimmten Farbe dargestellt, sondern erscheint durchsichtig. An diesen Stellen sieht man die Farbe des dahinterliegenden Bildelements durch, egal, ob es sich nun um ein anderes Sprite, ein Playfield oder nur den Hintergrund handelt.

Reichen einem die drei Farben nicht aus, kann man zwei Sprites miteinander kombinieren. Die zwei Bit-Kombinationen beider Sprites ergeben zusammen einen 4-Bit-Wert. Es kann immer nur ein Sprite mit einer geraden Nummer mit dem darauffolgenden ungeraden Sprite kombiniert werden. Also Nr. 0 mit Nr. 1, 2 mit 3 usw. Dabei ergeben die beiden Datenworte aus dem Sprite mit der höheren Nummer auch die beiden höchstwertigen Bits des gemeinsamen 4-Bit-Werts. Dieser dient dann als Zeiger auf eines von fünfzehn Farbregistern, wobei der Wert Null wieder transparent erscheint. Die Farbregister sind für alle vier Sprite-Kombinationen dieselben: COLOR16 bis COLOR31.

Sprite-Daten	Farbregister	Sprite-Daten	Farbregister
0 0 0 0	Durchsichtig	1 0 0 0	COLOR24
0 0 0 1	COLOR17	1 0 0 1	COLOR25
0 0 1 0	COLOR18	1 0 1 0	COLOR26
0 0 1 1	COLOR19	1 0 1 1	COLOR27
0 1 0 0	COLOR20	1 1 0 0	COLOR28
0 1 0 1	COLOR21	1 1 0 1	COLOR29
0 1 1 0	COLOR22	1 1 1 0	COLOR30
0 1 1 1	COLOR23	1 1 1 1	COLOR31

Der Sprite-DMA

Die Programmierung der Sprites ist auf dem Amiga sehr komfortabel gelöst worden. Fast die gesamte Arbeit wird von den Sprite-DMA-Kanälen erledigt. Um ein Sprite auf dem Bildschirm darzustellen, benötigt man nur eine spezielle Sprite-Datenliste im Speicher. Sie enthält fast alle für das Sprite notwendigen Daten. Lediglich die Adresse dieser Liste muß man dem DMA-Contoller noch mitteilen, um das Sprite erscheinen zu lassen.

Der DMA-Controller hat für jedes Sprite einen DMA-Kanal. Dieser kann in jeder Rasterzeile nur zwei Datenworte lesen. Aus diesem Grund ist ein normales Sprite auf eine Breite von 16 Punkten und vier Farben beschränkt. Da diese beiden Datenworte in jeder Zeile gelesen werden können, ist die Höhe eines Sprites nur von dem Bildschirmfenster begrenzt, nach dem sich auch die Sprites zu richten haben.

Der Aufbau einer Sprite-Datenliste

Eine solche Datenliste besteht aus einzelnen Zeilen, die jeweils zwei Datenworte enthalten. In jeder Rasterzeile wird eine dieser Zeilen per DMA gelesen. Sie kann entweder zwei Kontrollworte enthalten, die das Sprite initialisieren, oder zwei Datenworte mit den Punktdaten, wenn das Sprite gerade dargestellt wird.

Die Kontrollworte bestimmen die horizontale Spalte und die erste und letzte Zeile des Sprites.

Nachdem der DMA-Controller diese Worte gelesen und in den entsprechenden Registern plaziert hat, wartet er, bis der Elektronenstrahl die Anfangszeile des Sprites erreicht. Dann werden mit jeder Zeile zwei Datenworte gelesen und von der Hardware in Denise an der entsprechenden horizontalen Position auf dem Bildschirm ausgegeben, bis die letzte Zeile des Sprites vorbei ist. Die nächsten beiden Worte in der Sprite-Datenliste werden wieder als Kontrollworte aufgefaßt. Sind beide gleich 0, beendet der DMA-Kanal seine Aktivität. Es ist aber auch möglich, eine neue Sprite-Position anzugeben. Der DMA-Con-

troller wartet dann erneut auf die Startzeile, und der Vorgang wiederholt sich solange, bis zwei Kontrollworte mit dem Wert 0 als Endmarkierung der Liste gefunden werden.

Aufbau einer Sprite-Datenliste (Start = Anfangsadresse der Liste im Chip-RAM):

Adresse	Inhalt
Start+4	1. u. 2. Datenwort der 1. Zeile des Sprites
Start+8	1. u. 2. Datenwort der 2. Zeile des Sprites
Start+12	1. u. 2. Datenwort der 3. Zeile des Sprites
Start+4*n	1. u. 2. Datenwort der n. Zeile des Sprites
Start+4*(n+1)	0,0 Ende der Sprite-Datenliste

Aufbau des ersten Kontrollworts:

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	H8	H7	H6	H5	H4	H3	H2	H1

Aufbau des zweiten Kontrollworts:

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1	L0	AT	0	0	0	0	E8	L8	H0

H0 bis H8	Horizontale Position des Sprites (HSTART)
E0 bis E8	Erste Zeile des Sprites (VSTART)
L0 bis L8	Letzte Zeile des Sprites+1 (VSTOP)
AT	Attach-Kontroll-Bit

Es sind je 9 Bits für die horizontale und vertikale Position des Sprites vorgesehen. Diese Bits sind allerdings etwas unpraktisch über die beiden Kontrollregister verteilt.

Die Auflösung beträgt in horizontaler Richtung einen niedrigauflösenden Punkt, in vertikaler Richtung eine Rasterzeile. Diese Werte sind unveränderlich, da unabhängig von dem eingestellen Modus des/der Playfields.

Die Sprites sind auf das Bildschirmfenster (eingestellt in DIWSTRT und DIWSTOP) beschränkt. Liegen die in den Kontrollworten festgelegten Koordinaten außerhalb, werden die Sprites nur noch teilweise oder überhaupt nicht mehr dargestellt, da alle Punkte, die sich nicht innerhalb des Bildschirmfensters befinden, abgeschnitten werden.

Die horizontale und vertikale Startposition bezieht sich auf die linke, obere Ecke des Sprites. Die vertikale Stopposition legt die erste Zeile

nach dem Sprite fest, d.h. die letzte Zeile des Sprites+1. Die Anzahl der Zeilen eines Sprites ist also VSTOP-VSTART.

Folgende Beispielliste stellt ein Sprite an den Koordinaten 180,160 dar, also etwa in Bildschirmmitte. Er soll eine Höhe von 8 Zeilen haben. Die letzte Zeile (VSTOP) ist also 168.

Faßt man die beiden Datenworte zusammen, erhält man Zahlen von 0 bis 3, die jeweils eine der drei Sprite-Farben oder die durchsichtigen Punkte repräsentieren. Dadurch kann man sich das Sprite besser vorstellen:

```
0000002222000000
0000220000220000
0002200330022000
0022003113002200
0022003113002200
0002200330022000
0000220000220000
0000002222000000
```

In der Datenliste muß man beide Worte getrennt angeben:

```
Start:
dc.w $A05A,$A800        ;HSTART = $B4, VSTART = $A0, VSTOP = $A8
dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 0011 1100 0000
dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 1100 0011 0000
dc.w %0000 0001 1000 0000,%0001 1001 1001 1000
dc.w %0000 0011 1100 0000,%0011 0010 0100 1100
dc.w %0000 0011 1100 0000,%0011 0010 0100 1100
dc.w %0000 0001 1000 0000,%0001 1001 1001 1000
dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 1100 0011 0000
dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 0011 1100 0000
dc.w 0,0                ;Ende der Sprite-Datenliste
```

Das AT-Bit im 2. Kontrollwort legt fest, ob zwei Sprites miteinander kombiniert werden. Es hat nur in den Sprites mit ungeraden Nummern eine Funktion (Sprites 1, 3, 5, 7). Ist es z.B. für Sprite 1 gesetzt, werden dessen Daten-Bits mit denen von Sprite 0 gemeinsam als 4-Bit-Zeiger auf die Farbtabelle interpretiert. Die Reihenfolge der Bits ist dabei folgendermaßen:

Sprite 1 (ungerade Nummer), zweites Datenwort:	**Bit 3 (MSB)**
Sprite 1, erstes Datenwort:	**Bit 2**
Sprite 0 (gerade Nummer), zweites Datenwort:	**Bit 1**
Sprite 0, erstes Datenwort:	**Bit 0 (LSB)**

Sollen zwei Sprites auf diese Weise miteinander kombiniert werden, muß auch ihre Position übereinstimmen. Ist dies nicht der Fall, wird

automatisch auf die alte, dreifarbige Darstellung zurückgeschaltet. Am einfachsten ist es, in beide Sprite-Datenlisten dieselben Kontrollworte zu schreiben. Nun noch als Beispiel eine Sprite-Datenliste für ein fünfzehnfarbiges Sprite:

Der Einfachheit halber soll unser Sprite nur aus 4 Zeilen bestehen. Die Ziffern stellen wieder die Farbe der entsprechenden Punkte da. Um alle fünfzehn Farben plus transparent darstellen zu können, wurden die Hexadezimalziffern "A" bis "F" dazugenommen.

```
0011111111111100
1123456789ABCD11
11EFEFEFEFEFEF11
0011111111111100
```

Die Bildung der notwendigen Datenworte kann man gut aus Zeile 2 ersehen:

```
Farben des Sprite:     1123456789ABCD11
Sprite1, Datenwort2:   0000000011111100
Sprite1, Datenwort1:   0000111100001100
Sprite0, Datenwort2:   0011001100110000
Sprite0, Datenwort1:   1101010101010111
```

Die Datenlisten für das gesamte Sprite sehen folgendermaßen aus:

Horizontale Position (HSTART) sei wieder 180. Erste Zeile des Sprites (VSTART) 160, letzte Zeile (VSTOP) 164.

```
StartSprite0:
dc.w $A05A,$A400          ;HSTART=$B4, VSTART=$A0, VSTOP=$A4, AT=0
dc.w %0011 1111 1111 1100,%0000 0000 0000 0000
dc.w %1101 0101 0101 0111,%0011 0011 0011 0000
dc.w %1101 0101 0101 0111,%0011 1111 1111 1100
dc.w %0011 1111 1111 1100,%0000 0000 0000 0000
dc.w 0,0

StartSprite1:
dc.w $A05A,$A480          ;HSTART=$B4, VSTART=$A0, VSTOP=$A4, AT=1
dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 0000 0000 0000
dc.w %0000 1111 0000 1100,%0000 0000 1111 1100
dc.w %0011 1111 1111 1100,%0011 1111 1111 1100
dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 0000 0000 0000
dc.w 0,0
```

Mehrere Sprites über einen DMA-Kanal

Nachdem ein Sprite dargestellt wurde, ist dieser DMA-Kanal wieder frei. In dem obigen Beispiel werden die letzten Sprite-Daten in der Zeile 163 gelesen. Danach wird der Sprite-DMA-Kanal durch die beiden Nullen in der Datenliste abgeschaltet. Wie schon erwähnt, ist es aber auch möglich, den DMA-Kanal weiter zu benutzen. Man schreibt hierzu zwei neue Kontrollworte anstelle der beiden Nullen in die Datenliste. Einzige Bedingung hierbei ist, daß zwischen der ersten Zeile des nächsten Sprites und der letzten des vorangegangenen Sprites mindestens eine Zeile frei bleibt. Geht der vorherige z.B. bis Zeile 163, kann der nächste nicht vor Zeile 165 beginnen. Der Grund dafür ist, daß in der Zeile dazwischen (164) die beiden Kontrollworte gelesen werden müssen. Der Ablauf des Sprite-DMA ist dann wie folgt:

Zeile	Daten über den DMA-Kanal
162	Vorletzte Zeile des 1. Sprites über diesen Kanal
163	Letzte Zeile des 1. Sprites
164	Kontrollworte des 2. Sprites
165	Erste Zeile des 2. Sprites
166	Zweite Zeile des 2. Sprites

Folgendes Beispiel stellt das dreifarbige Sprite aus unserer ersten Sprite-Datenliste an zwei verschiedenen Bildschirmpositionen dar:

```
Start:
                        ;Erster Sprite über diesen DMA-Kanal an Zeile 160 ($A0)
                        ;Horizontale Position: 180 ($B4)
    dc.w $A05A,$A800    ;HSTART = $B4, VSTART = $A0, VSTOP = $A8
    dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 0011 1100 0000
    dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 1100 0011 0000
    dc.w %0000 0001 1000 0000,%0001 1001 1001 1000
    dc.w %0000 0011 1100 0000,%0011 0010 0100 1100
    dc.w %0000 0011 1100 0000,%0011 0010 0100 1100
    dc.w %0000 0001 1000 0000,%0001 1001 1001 1000
    dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 1100 0011 0000
    dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 0011 1100 0000
                        ;Jetzt folgt der zweite Sprite über diesen DMA-Kanal
                        ;an Zeile 176 ($B0), horizontale Position 300 ($12C)
    dc.w $B096,$B800    ;HSTART = $12C, VSTART = $B0, VSTOP = $B8
    dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 0011 1100 0000
    dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 1100 0011 0000
    dc.w %0000 0001 1000 0000,%0001 1001 1001 1000
    dc.w %0000 0011 1100 0000,%0011 0010 0100 1100
    dc.w %0000 0011 1100 0000,%0011 0010 0100 1100
    dc.w %0000 0001 1000 0000,%0001 1001 1001 1000
    dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 1100 0011 0000
    dc.w %0000 0000 0000 0000,%0000 0011 1100 0000
    dc.w 0,0            ;Ende der Sprite-Datenliste
```

Aktivierung der Sprites

Nachdem man eine korrekte Sprite-Datenliste im Chip-RAM aufgebaut und die gewünschten Farben in die Farbtabelle geschrieben hat, muß man dem DMA-Controller noch mitteilen, an welcher Adresse sich diese Datenliste befindet, bevor man den Sprite-DMA einschalten kann. Dafür besitzt jeder Sprite-DMA-Kanal ein Registerpaar, in das man die Anfangsadresse der Datenliste schreiben muß:

SPRxPT-Register (SpritexPointer, Zeiger auf Datenliste für Sprite-DMA-Kanal x):

Reg.	Name	Funktion
$120	SPR0PTH	Zeiger auf die Sprite-Datenliste Bits 16-18
$122	SPR0PTL	für Sprite-DMA-Kanal 0 Bits 0-15
$124	SPR1PTH	Zeiger auf die Sprite-Datenliste Bits 16-18
$126	SPR1PTL	für Sprite-DMA-Kanal 1 Bits 0-15
$128	SPR2PTH	Zeiger auf die Sprite-Datenliste Bits 16-18
$12A	SPR2PTL	für Sprite-DMA-Kanal 2 Bits 0-15
$12C	SPR3PTH	Zeiger auf die Sprite-Datenliste Bits 16-18
$12E	SPR3PTL	für Sprite-DMA-Kanal 3 Bits 0-15
$130	SPR4PTH	Zeiger auf die Sprite-Datenliste Bits 16-18
$132	SPR4PTL	für Sprite-DMA-Kanal 4 Bits 0-15
$134	SPR5PTH	Zeiger auf die Sprite-Datenliste Bits 16-18
$136	SPR5PTL	für Sprite-DMA-Kanal 5 Bits 0-15
$138	SPR6PTH	Zeiger auf die Sprite-Datenliste Bits 16-18
$13A	SPR6PTL	für Sprite-DMA-Kanal 6 Bits 0-15
$13C	SPR7PTH	Zeiger auf die Sprite-Datenliste Bits 16-18
$13D	SPR7PTL	für Sprite-DMA-Kanal 7 Bits 0-15

Alle SPRxPT können nur beschrieben werden.

Der DMA-Controller benutzt diese Register als Zeiger auf die aktuelle Adresse in der Sprite-Datenliste. Zum Beginn jedes Bildes enthalten sie die Adresse des ersten Kontrollworts. Mit jedem gelesenen Datenwort werden sie um ein Wort erhöht, so daß sie am Ende des Bildes auf das erste Wort nach der Datenliste zeigen. Damit in jedem Bild dieselben Sprites dargestellt werden, müssen diese Zeiger vor jedem Bild wieder auf den Anfang der Sprite-Datenliste zurückgesetzt werden. Wie schon bei den Bit-Plane-Zeigern BPLxPT erledigt dies am einfachsten der Copper innerhalb der vertikalen Austastlücke. Der entsprechende Abschnitt der Copper-Liste kann etwa so aussehen:

```
StartSpritexH = Anfangsadr. d. Sprite-Datenliste für Sprite x, Bits 16-19
StartSpritexL = Bits 0-15

CopperlistStart
MOVE #StartSprite0H,SPR0PTH        ;Initialisierung von Sprite-DMA-
MOVE #StartSprite0L,SPR0PTL        ;Kanal0
MOVE #StartSprite1H,SPR1PTH        ;Initialisierung von Sprite-DMA-
```

```
MOVE #StartSprite1L,SPR1PTL      ;Kanal1
MOVE #StartSprite2H,SPR2PTH      ;Kanal2
MOVE #StartSprite2L,SPR2PTL
... ... ...                      ;Ebenso für Kanal 3 bis 6
MOVE #StartSprite7H,SPR4PTH      ;Zuletzt noch Kanal 7
MOVE #StartSprite7L,SPR4PTL
... ... ...                      ;Sonstige Aufgaben des Coppers
WAIT $FFFE                       ;Ende der Copper-List
```

Es gibt keine Möglichkeit, die Sprite-DMA-Kanäle einzeln ein- und auszuschalten. Das SPREN-Bit (Bit-Nr. 5) im DMACON-Register schaltet den Sprite-DMA für alle acht Sprite-DMA-Kanäle ein. Will man nicht alle davon verwenden, muß man die unbenutzten Kanäle leere Datenlisten bearbeiten lassen. Dazu setzt man ihre SPRxPT auf zwei Speicherworte mit dem Inhalt Null. Man kann dazu z.B. die beiden Nullen am Ende einer vorhandenen Datenliste benutzen.

Es müssen aber immer alle acht SPRxPT innerhalb der vertikalen Austastlücke initialisiert werden! Auch wenn die Datenliste nichts außer den zwei Nullen enthält, zeigt der SPRxPT des DMA-Kanals am Ende eines Bilds auf das erste Wort nach ihnen.

Selbstverständlich kann die Initialisierung der SPRxPT auch vom Prozessor innerhalb des Vertical-Blanking-Interrupts erledigt werden.

Als letzter Schritt muß noch der Sprite-DMA eingeschaltet werden. Dies geschieht mittels des SPREN-Bit des DMACON-Registers für alle acht Sprite-DMA-Kanäle gemeinsam. Folgender Move-Befehl erledigt dies:

```
MOVE.W #$8220,$DFF096      ;SPREN und DMAEN im DMACON-Register setzen
```

Bewegen von Sprites

Die Position eines Sprites bestimmen die Werte der beiden Kontrollworte in der Sprite-Datenliste. Um ein Sprite zu bewegen, muß man diese Werte schrittweise verändern. Dies kann direkt vom Prozessor mittels entsprechender Move-Befehle erledigt werden. Man muß allerdings etwas aufpassen. Ändert man die Kontrollworte zu einem beliebigen Zeitpunkt, kann folgendes Problem auftauchen:

Der Prozessor modifiziert das erste Kontrollwort. Bevor er das zweite ebenfalls verändern kann, liest der DMA-Controller beide Worte. Da diese jetzt nicht mehr zueinander passen, erscheint kurzzeitig irgendwelcher Unsinn auf dem Bildschirm.

Man kann das am einfachsten vermeiden, indem man die Kontrollworte lediglich innerhalb der vertikalen Austastlücke ändert (innerhalb des Vertical-Blanking-Interrupts, nachdem der Copper die SPRxPT initialisiert hat).

Die Sprite/Playfield-Priorität

Die Priorität eines Playfields oder Sprites bestimmt, ob es vor, hinter oder zwischen den anderen Bildschirmelementen erscheint. Das Sprite mit der höchsten Priorität befindet sich vor allen anderen. Es kann nicht von ihnen verdeckt werden. Die Priorität eines Sprites wird durch seine Nummer festgelegt. Je niedriger, desto höher ist die Priorität. Sprite 0 steht damit immer vor allen anderen Sprites.

Bei den Playfields bestimmt ein Kontroll-Bit, ob Nummer 1 oder 2 vorne liegt. Wie aber steht es mit der Priorität der Sprites in Bezug auf die Playfields?

Beim Amiga ist es möglich, die Playfields fast beliebig zwischen den Sprites zu positionieren. Bei der Festlegung der Playfield-Priorität gegenüber den Sprites werden immer zwei Sprites zusammengefaßt und gemeinsam behandelt. Es sind dieselben Kombinationen wie schon bei den fünfzehnfarbigen Sprites. Immer ein Sprite mit einer geraden Nummer und sein ungerader Nachfolger:

```
Sprite 0 & 1, Sprite 2 & 3, Sprite 4 & 5, Sprite 6 & 7
```

Man kann die vier Sprite-Paare als einen Stapel aus vier Elementen betrachten. Blickt man von oben auf einen solchen Stapel, kann man darunterliegende Elemente nur durch Löcher in darüberliegenden Stapelpositionen sehen. Die Löcher entsprechen den transparenten Punkten der Bit-Planes oder Sprites und den Teilen des Bildschirms, die ein Sprite auf Grund seiner Größe nicht verdecken kann. Die Reihenfolge der Elemente auf dem Stapel ist nicht veränderbar. Aber man kann zwei andere Elemente, nämlich die Playfields, an beliebigen Stellen zwischen den vier Sprite-Paaren einordnen. Fünf Positionen sind für jedes Playfield möglich:

Position	Reihenfolge von vorne nach hinten				
0	PLF	SPR0&1	SPR2&3	SPR4&5	SPR6&7
1	SPR0&1	PLF	SPR2&3	SPR4&5	SPR6&7
2	SPR0&1	SPR2&3	PLF	SPR4&5	SPR6&7
3	SPR0&1	SPR2&3	SPR4&5	PLF	SPR6&7
4	SPR0&1	SPR2&3	SPR4&5	SPR6&7	PLF

Das BPLCON2-Register enthält die Priorität der Playfields in bezug auf die Sprites:

BLPCON2 $104 (nur schreiben)

Bit-Nr.:	15-7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	Unbel.	PF2PRI	PF2P2	PF2P1	PF2P0	PF1P2	PF1P1	PF1P0

PF2PRI

Ist dieses Bit gesetzt, erscheint Playfield 2 vor Playfield 1.

PF1P0 bis PF1P2

Diese drei Bits bilden eine 3-Bit-Zahl, die die Position des Playfields Nummer 1 (alle ungeraden Bit-Planes) zwischen den vier Sprite-Paaren bestimmt. Es sind Werte von 0 bis 4 möglich (siehe obige Tabelle).

PF2P0 bis PF2P2

Diese drei Bits entsprechen in ihrer Funktion den Bits PF1P0 bis PF1P2, nur diesmal für Playfield Nummer 1 (alle geraden Bit-Planes).

Beispiel:

```
BPLCON2 = $0003
```

Dies bedeutet Playfield 1 vor Playfield 2, PF2P0-2 = 0, PF1P0-2 = 3 und ergäbe, von vorne nach hinten, folgende Reihenfolge:

```
PLF2 SPR0&1 SPR2&3 SPR4&5 PLF1 SPR6&7
```

Genau betrachtet, etwas paradox. Das PLF2PRI-Bit ist 0, also Playfield 1 vor Playfield 2. Trotzdem stimmt die Reihenfolge oben. Wenn sich eines der Sprites 0 bis 5 zwischen Playfield 1 und 2 befindet, steht es, entsprechend seiner Priorität, vor Playfield 1. Da dieses vor Playfield 2 steht, ist an dieser Stelle das Sprite sichtbar, obwohl es sich eigentlich hinter Playfield 2 befinden müßte. Liegen dagegen nur Playfield 2 und das Sprite an einer gemeinsamen Position, verdeckt Playfield 2 aufgrund seiner Priorität das Sprite.

Dies liegt daran, daß die Playfield/Playfield-Priorität Vorrang vor der Sprite/Playfield-Priorität hat.

Verwendet man den Dual-Playfield-Modus nicht, gibt es nur ein einziges Playfield, das dann von den geraden und ungeraden Bit-Planes gemeinsam gebildet wird. Das PLF2PRI- und die PL2P0- bis PL2P2-Bits haben dann keine Funktion mehr.

Kollisionen zwischen Grafikelementen

Es ist häufig sehr nützlich zu wissen, ob zwei Sprites miteinander oder mit dem Hintergrund kollidiert sind. Dies erleichtert z.B. in Spielprogrammen die Erkennung eines Treffers.

Wenn sich an einer bestimmten Bildschirmposition die Punkte zweier Sprites überlappen, d.h. beide einen gesetzten Punkt (nicht transparent) an denselben Koordinaten besitzen, wird dies als Kollision zwischen den zwei Sprites aufgefaßt. Auch ein Zusammenstoß der Playfields miteinander oder mit einem Sprite ist möglich.

Jede erkannte Kollision wird im Kollisions-Datenregister, CLXDAT, gespeichert:

CLXDAT $00E (nur lesen)

Bit-Nr.	Kollision zwischen
15	Unbenutzt
14	Sprite 4 (oder 5) und Sprite 6 (oder 7)
13	Sprite 2 (oder 3) und Sprite 6 (oder 7)
12	Sprite 2 (oder 3) und Sprite 4 (oder 5)
11	Sprite 0 (oder 1) und Sprite 6 (oder 7)
10	Sprite 0 (oder 1) und Sprite 4 (oder 5)
9	Sprite 0 (oder 1) und Sprite 2 (oder 3)
8	Playfield 2 (gerade Bit-Planes) und Sprite 6 (oder 7)
7	Playfield 2 (gerade Bit-Planes) und Sprite 4 (oder 5)
6	Playfield 2 (gerade Bit-Planes) und Sprite 2 (oder 3)
5	Playfield 2 (gerade Bit-Planes) und Sprite 0 (oder 1)
4	Playfield 1 (ungerade Bit-Planes) und Sprite 6 (oder 7)
3	Playfield 1 (ungerade Bit-Planes) und Sprite 4 (oder 5)
2	Playfield 1 (ungerade Bit-Planes) und Sprite 2 (oder 3)
1	Playfield 1 (ungerade Bit-Planes) und Sprite 0 (oder 1)
0	Playfield 1 und Playfield 2

Während bei einem Sprite jeder nichttransparente Punkt eine Kollision auslösen kann, läßt sich bei den Playfields frei einstellen, welche Farbe zur Kollisionserkennung herangezogen werden soll. Außerdem ist es möglich, jedes Sprite mit einer ungeraden Nummer wahlweise in die Kollisionserkennung einzubeziehen oder von ihr auszuschließen. Mit den Bits im Kollisions-Kontrollregister, CLXCON, läßt sich dies alles einstellen.

CLXCON $098 (nur schreiben)

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	ENSP7	Kollisionserkennung für Sprite 7 erlauben
14	ENSP5	Kollisionserkennung für Sprite 5 erlauben
13	ENSP3	Kollisionserkennung für Sprite 3 erlauben
12	ENSP1	Kollisionserkennung für Sprite 1 erlauben
11	ENBP6	Bit-Plane 6 mit MVBP6 vergleichen
10	ENBP5	Bit-Plane 5 mit MVBP5 vergleichen
9	ENBP4	Bit-Plane 4 mit MVBP4 vergleichen
8	ENBP3	Bit-Plane 3 mit MVBP3 vergleichen
7	ENBP2	Bit-Plane 2 mit MVBP2 vergleichen
6	ENBP1	Bit-Plane 1 mit MVBP1 vergleichen
5	MVBP6	Wert für Kollision mit Bit-Plane 6
4	MVBP5	Wert für Kollision mit Bit-Plane 5
3	MVBP4	Wert für Kollision mit Bit-Plane 4
2	MVBP3	Wert für Kollision mit Bit-Plane 3
1	MVBP2	Wert für Kollision mit Bit-Plane 2
0	MVBP1	Wert für Kollision mit Bit-Plane 1

Die ENSPx-Bits (Enable Sprite x) bestimmen, ob das entsprechende Sprite mit ungerader Nummer zur Kollisionserkennung herangezogen wird. Ist z.B. das ENSP1-Bit gesetzt, wird eine Kollision zwischen Sprite 1 und einem anderen Sprite oder einem Playfield registriert. Dabei wird dasselbe Bit im Kollisions-Datenregister gesetzt, wie für Sprite 0. Es ist also nicht möglich, anhand des Registerinhalts zu entscheiden, ob Sprite 0 oder 1 eine Kollision ausgelöst hat. Außerdem werden keine Kollisionen von Sprite 0 und Sprite 1 untereinander erkannt. Bei der Auswahl der Sprites sollten Sie dies beachten.

Hat man zwei Sprites zu einem fünfzehnfarbigen Sprite kombiniert, muß das entsprechende ENSPx-Bit gesetzt werden, um eine korrekte Kollisionserkennung zu ermöglichen.

Bei den Playfields kann man selber festlegen, welche Bit-Kombinationen der Bit-Planes eine Kollision auslösen sollen und welche nicht. Die ENBPx-Bits (Enable Bit-Plane x) bestimmen, welche Bit-Planes zur Kollisionserkennung herangezogen werden. Sind alle ENBPx-Bits eines Playfields gesetzt, ist eine Kollision an all den Punkten möglich, deren Bit-Kombination derjenigen der MVBPx-Bits (Match Value Bit-Plane x) entspricht.

Die ENBPx-Bits bestimmen, ob die Bits aus Plane x mit dem Wert von MVBPx verglichen werden. Stimmen bei einem Punkt die Bits aller Planes, bei denen ENBPx-gesetzt ist, mit dem zugehörigen MVBPx überein, kann dieser Punkt eine Kollision auslösen.

Kompliziert? Ein Beispiel schafft Klarheit:

Die ENBPx-Bits sind gesetzt, ebenso alle MVBPx-Bits. Jetzt können nur noch diejenigen Punkte des Playfields eine Kollision auslösen, deren Bit-Kombination binär 111111 beträgt. Sind nur die unteren drei MVBPx-Bits gesetzt, ist eine Kollision lediglich möglich, wenn der Punkt des Playfields die Kombination 000111 hat.

Soll eine Kollision an allen Punkten mit der Bit-Kombination 000111, 000110, 000100 oder 000101 erlaubt sein, müssen die MVBP-Bits auf 000100 stehen. Die unteren beiden Bits sollen immer der Kollisionsbedingung erfüllen, dazu werden die entsprechenden ENBPx-Bits gelöscht, ENBP-Wert: 111100.

Beispiele für mögliche Bit-Kombinationen:

ENBPx	MVBPx	Kollision möglich bei Bit-Muster
111111	111111	111111
111111	111000	111000
111100	1111xx	111100, 111101, 111110, 111111
011111	x00000	000000, 100000
000000	xxxxxx	Kollision bei jedem Bit-Muster möglich

Der Wert eines mit "x" bezeichneten Bits ist irrelevant. Sind nicht alle sechs Bit-Planes aktiv, müssen die ENBPx-Bits der unbenutzten Planes auf 0 gesetzt werden!

Die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten der ENBPx- und MVBPx-Bits erlauben eine Vielfalt unterschiedlicher Kollisionserkennungen. Man kann z.B. das CLXCON-Register so einstellen, daß die Sprites nur mit den roten und grünen Punkten des Playfields zusammenstoßen können, nicht aber mit den anderen Farben. Oder eine Kollision ist nur an den transparenten Punkten von Playfield 1 möglich, wenn die dahinterliegenden Punkte von Playfield 2 gleichzeitig schwarz sind usw.

Sonstige Sprite-Register

Für jedes Sprite existieren neben den SPRxPT-Registern noch vier weitere Register. Sie werden normalerweise vom DMA-Controller automatisch mit Daten versorgt. Es ist aber auch möglich, sie von Hand, d.h. mit dem Prozessor, anzusprechen.

SPRxPOS	Erstes Kontrollwort
SPRxCTL	Zweites Kontrollwort
SPRxDATA	Erstes Datenwort einer Zeile (Low-Wort)
SPRxDATB	Zweites Datenwort einer Zeile (High-Wort)

x steht wieder für eine Sprite-Nummer von 0 bis 7, die Adressen dieser Register finden sich in der Registerübersicht in Kapitel 1.5.1.

Der DMA-Controller schreibt die beiden Kontrollworte eines Sprites direkt in zwei Register, SPRxPOS und SPRxCTL. Wenn ein Wert in das SPRxCTL-Register geschrieben wird, egal ob per DMA oder vom 68000, schaltet Denise die Sprite-Ausgabe ab. Das Sprite wird nicht mehr auf dem Bildschirm ausgegeben.

Der DMA-Controller wartet jetzt auf die in VSTART festgelegte Zeile. Dann schreibt er die zwei ersten Datenworte ins SPRxDATA- und SPRxDATB-Register. Damit wird das Sprite angezeigt, denn beim Schreiben in das SPRxDATA-Register, schaltet Denise die Sprite-Ausgabe wieder ein. Es vergleicht ab jetzt die gewünschte horizontale Position aus den SPRxCTL- und SPRxPOS-Registern mit der tatsächlichen Bildschirmspalte und stellt das Sprite an der richtigen Stelle auf dem Monitor dar.

Der DMA-Controller schreibt in jeder Zeile zwei neue Datenworte in SPRxDATA/B, bis die letzte Zeile des Sprites (VSTOP) vorbei ist. Danach holt er die nächsten Kontrollworte und plaziert sie in SPRxPOS und SPRxCTL. Damit wird das Sprite wieder abgeschaltet, bis die nächste VSTART-Position erreicht ist. Waren beide Kontrollworte Null, beendet der DMA-Controller den Sprite-DMA für den entsprechenden Kanal bis zum Beginn des nächsten Bildes. Am Ende der vertikalen Austastlücke beginnt er wieder an der aktuellen Adresse in SPRxPT.

Darstellung der Sprites ohne DMA

Man kann ein Sprite auch problemlos ohne den DMA-Kanal darstellen. Man schreibt dazu die gewünschten Kontrollworte einfach direkt in die SPRxPOS- und SPRxCTL-Register. Dabei müssen nur die HSTART-Position und das AT-Bit gültige Werte enthalten. VSTART und VSTOP werden ausschließlich vom DMA-Kanal benutzt.

Man kann die Sprite-Ausgabe in jeder beliebigen Zeile beginnen, indem man die beiden Datenworte ins SPRxDATA- und SPRxDATB-Register schreibt. Da SPRxDATA die Sprite-Ausgabe einschaltet, ist es besser, wenn man erst SPRxDATB beschreibt. Ändert man die Daten in beiden Registern nicht, werden sie in jeder Zeile wieder angezeigt. Es entsteht ein vertikaler Balken.

Will man das Sprite wieder abschalten, schreibt man einfach einen beliebigen Wert in SPRxPOS.

1.5.7 Der Blitter

Was ist ein Blitter? Der Name Blitter ist eine Abkürzung der englischen Bezeichnung: "Block Image Transferer", was etwa soviel heißt wie Bild-Datenblock-Kopierer. Genau dies ist nämlich die Hauptaufgabe des Blitters: das Verschieben und Kopieren von Datenblöcken im Speicher, wobei es sich meistens um Grafikdaten handelt. Der Blitter kann auch mehrere Speicherbereiche miteinander logisch verknüpfen und das Ergebnis wieder zurück in den Speicher schreiben. Er erledigt diese Aufgaben sehr schnell. Einfaches Datenverschieben geht mit einer Geschwindigkeit von bis zu 16 Millionen Punkten in der Sekunde vonstatten!

Zusätzlich kann der Blitter noch Flächen füllen und Linien ziehen. Die Kombination dieser beiden Fähigkeiten ermöglicht das Zeichnen beliebiger, ausgefüllter Vielecke, und das vielfach schneller, als es mit dem 68000 möglich wäre.

Das Betriebssystem verwendet den Blitter für beinahe alle Grafikoperationen. Er erledigt die Textausgabe, zeichnet Gadgets, verschiebt Fenster usw. Außerdem erledigt er auch noch die Decodierung der Daten von der Diskette. Ein Beispiel dafür, daß sich die vielfältigen Fähigkeiten des Blitters nicht nur auf die Grafik beschränken.

Die Verwendung des Blitters zum Kopieren von Daten

Der Blitter arbeitet beim Kopieren von Daten immer nach dem gleichen Muster: Ein bis drei verschiedene Speicherbereiche, die Datenquellen, werden miteinander durch die gewählte logische Bedingung verknüpft, und das Ergebnis wird wieder zurück in den Speicher geschrieben. Das Spektrum reicht vom einfachen Kopieren bis zum komplexen Verknüpfen mehrerer Datenbereiche. Die Adressen der Quelldatenbereiche, genannt A, B und C, und des Zieldatenbereichs D lassen sich innerhalb des Chip-RAM frei wählen (Adressen von 0 bis $7FFFF).

Die Anzahl der Worte, die in einer Blitter-Operation verarbeitet werden, darf bis zu 65536 betragen. Es können also bis zu 128 KByte Daten in einem Zug durch den Speicher geschleudert werden.

Der Blitter unterstützt sogenannte rechteckige Speicherbereiche. D.h. der Speicher ist, wie bei einer Bit-Map, in Spalten und Zeilen aufgeteilt. Es ist auch möglich, einen kleinen Bereich innerhalb einer großen Bit-Map zu bearbeiten, indem sogenannte Modulo-Werte verwendet werden. Vielleicht erinnern Sie sich daran: Solche Modulo-Werte wurden auch schon bei den Playfields verwendet, um Bit-Planes zu definieren, die breiter als das Bildschirmfenster waren.

Um Blitter-Operationen zu starten sind folgende Schritte notwendig:

- Wählen des Blitter-Modus: Daten kopieren.
- Auswahl der Quelldatenbereiche (Es müssen nicht immer alle drei Quellen benutzt werden.) und des Zielbereichs.
- Auswahl der logischen Verknüpfung.
- Definition sonstiger Betriebsparameter (Scrolling, Maskierung, Adressierungsrichtung).
- Festlegung des Fensters, in dem die Blitter-Operation durchgeführt werden soll, und Starten des Blitters.

Die Festlegung des Blitter-Fensters

Sie werden sich fragen, warum wir mit der Beschreibung des letzten Punkts beginnen. Nun, eigentlich ist die Definition des gewünschten Fensters die Grundlage aller anderen Einstellungen. Aber wenn man den Blitter programmiert, wird dieser Wert erst am Ende in das entsprechende Register geschrieben, da der Blitter damit gleichzeitig gestartet wird. Aus diesem Grund steht dieser Punkt auch zuletzt in der obigen Liste. Für das Verständnis der anderen Werte ist es aber notwendig, den Begriff "Blitter-Fenster" zu kennen.

Das Blitter-Fenster ist der Speicherbereich, den der Blitter in der Blitter-Operation bearbeiten soll. Er ist wie eine Bit-Plane aufgebaut, d.h. in Zeilen und Spalten aufgeteilt, wobei eine Spalte einem Wort (2 Bytes) entspricht. Die Anzahl der Worte im Fenster ist also gleich dem Produkt aus Zeilen und Spalten: Z*S.

Durch die Aufteilung des gewünschten Speicherbereichs in Zeilen und Spalten ist der Blitter sehr gut für die Bearbeitung von Bit-Planes geeignet.

Genausogut kann man aber auch lineare Speicherbereiche ansprechen. Die Aufteilung in Zeilen und Spalten ist ja nur eine Hilfe zur einfa-

cheren Programmierung. In Wirklichkeit liegen die einzelnen Zeilen weiterhin an fortlaufenden Adressen im Speicher. Bei kleinen Datenfeldern, die nicht in Zeilen und Spalten eingeteilt sind, ist es auch möglich, die Fensterbreite oder Höhe auf 1 zu setzen.

Der Blitter arbeitet das Blitter-Fenster zeilenweise ab. Die Blitter-Operation beginnt mit dem ersten Wort in der ersten Zeile und endet beim letzten Wort der letzten Zeile.

Das BLTSIZE-Register enthält die Fenstergröße:

BLTSIZE $058 (nur schreiben)

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	H9	H8	H7	H6	H5	H4	H3	H2	H1	H0	W5	W4	W3	W2	W1	W0

H0-H9 Diese zehn Bits stellen die Höhe (Height) des Blitter-Fensters in Zeilen dar. Das Fenster kann eine Höhe zwischen 1 und 1024 Zeilen haben (2^{10} = 1024). Dabei wird eine Höhe von 1024 Zeilen dadurch gewählt, daß man Height auf 0 setzt. Für alle übrigen Werte entspricht Height direkt der Zeilenzahl. Eine Höhe von 0 Zeilen ist nicht möglich.

W0-W5 Sechs Bits repräsentieren die Breite (Width) des Fensters. Sie kann von 1 bis 64 Worten (2^6 = 64) variieren. Rechnet man dies in Grafikpunkte um (1 Wort = 16 Pixels), ergibt das bis zu 1024 Punkte. Wie bei der Höhe erreicht man die maximale Breite von 64 Worten, indem man Width = 0 setzt.

Um aus der Höhe und Breite den notwendigen BLTSIZE-Wert zu ermitteln, dient folgende Formel: BLTSIZE = Höhe*64 + Breite.

Sollen auch die beiden Extremfälle Height = 1024 und Width = 64 erfaßt werden, muß sie etwas modifiziert werden:

```
BLTSIZE = (Höhe AND $3FF)*64 + (Breite AND $3F)
```

Das BLTSIZE-Register sollte immer als letztes Register initialisiert werden. Der Blitter wird beim Schreiben in BLTSIZE automatisch gestartet.

Quell- und Zieldatenbereiche
Bei einer Blitter-Operation werden Daten aus völlig verschiedenen Speicherbereichen miteinander verknüpft. Auch wenn das Blitter-Fenster die Anzahl und Anordnung der zu bearbeitenden Daten festlegt, muß die Positionierung dieses Fensters innerhalb der drei Quell- und des Zieldatenbereichs noch bestimmt werden.

Nehmen wir z.B. an, der Blitter soll eine kleine, rechteckige Grafik, die irgendwo im Chip-RAM gespeichert ist, in den Bildschirmspeicher kopieren. Bei dieser einfachen Aufgabe gibt es nur einen Quellbereich. Die Wahl des Blitter-Fensters ist einfach. Die gesamte Grafik soll kopiert werden, also entspricht die Breite und Höhe des Blitter-Fensters der der Grafik im Speicher.

Damit der Blitter auch weiß, wo diese Grafik zu finden ist, schreibt man die Adresse des ersten Worts der obersten Zeile in das entsprechende Register.

Wie aber muß man den Zielbereich definieren? Die Grafik soll in den Bildschirmspeicher, sie muß also in die aktuelle Bit-Plane übertragen werden. (Der Einfachheit halber sollen sowohl Grafik als auch Bildschirmspeicher nur aus einer Bit-Plane bestehen.) Nun ist die Bit-Plane aber um ein Vielfaches breiter als die kleine Grafik. Würde der Blitter sie direkt in die Bit-Plane kopieren, sähe das etwas seltsam aus. Es muß dem Blitter also neben der Adresse des Zielbereichs noch dessen Breite mitgeteilt werden. Dies geschieht mittels sogenannter Modulo-Werte. Der Modulo-Wert wird nach jeder abgearbeiteten Zeile des Blitter-Fensters zu dem Adreßzeiger addiert. Dadurch werden die Worte, die nicht beeinflußt werden sollen, übersprungen, und der Zeiger steht wieder auf dem Anfang der nächsten Zeile. Damit Quell- und Zieldatenbereiche unterschiedlich breit sein können, haben sie voneinander unabhängige Modulo-Register.

Kopieren einer Grafik in eine Bitplane

Bitplane

00	02	04	06	08	10	12	14	16	18
20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
60	62	64	66	68	70	72	74	76	78
80	82	84	86	88	90	92	94	96	98
100	102	104	106	108	110	112	114	116	118
120	122	124	126	128	130	132	134	136	138
140	142	144	146	148	150	152	154	156	158
160	162	164	166	168	170	172	174	176	178
180	182	184	186	188	190	192	194	196	198

Grafik

00	02	04	06	08
10	12	14	16	18
20	22	24	26	28
30	32	34	36	38
40	42	44	46	48

Grafik in die Bitplane kopiert

00	02	04	06	08	10	12	14	16	18
20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
		00	02	04	06	08			
40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
		10	12	14	16	18			
60	62	64	66	68	70	72	74	76	78
		20	22	24	26	28			
80	82	84	86	88	90	92	94	96	98
		30	32	34	36	38			
100	102	104	106	108	110	112	114	116	118
		40	42	44	46	48			
120	122	124	126	128	130	132	134	136	138
140	142	144	146	148	150	152	154	156	158
160	162	164	166	168	170	172	174	176	178
180	182	184	186	188	190	192	194	196	198

Abb. 1.5.7.1

Die Abbildung 1.5.7.1 illustriert unser Beispiel. Die Grafik besteht aus 5 Zeilen, jede 10 Worte breit. Die Zahlen stehen für die Adresse des entsprechenden Worts in bezug auf die Anfangsadresse der Grafik. Die Bit-Plane hat eine Höhe von 10 Zeilen zu 20 Worten. Wie müssen jetzt Blitter-Fenster, Anfangsadressen und Modulo-Werte gewählt werden?

Das Blitter-Fenster muß der Grafik entsprechen, da diese ja komplett kopiert werden soll, d.h. Höhe des Fensters 5 Zeilen und Breite 10 Worte. Der Wert, der nachher in das BLTSIZE-Register geschrieben werden muß, beträgt also 330 oder hexadezimal $014A.

Die Anfangsadresse der Quelldaten ist geich der Adresse des ersten Datenworts der Grafik. Da die Breite einer Zeile der Grafik gleich der Zeilenbreite des Blitter-Fensters ist, bleibt der Modulo-Wert der Quelle auf 0.

Für den Zieldatenbereich muß jetzt der Modulo-Wert bestimmt werden. Dazu bildet man einfach die Differenz aus der tatsächlichen Zeilenbreite und der des Blitter-Fensters. In unserem Beispiel 20 Worte minus 10 Worte: Der Modulo-Wert für den Zieldatenbereich beträgt 10 Worte. In den Modulo-Registern des Blitters muß der Modulo-Wert in Bytes angegeben weden. Modulo-Wert = Modulo in Worten *2.

Als letztes benötigt der Blitter noch die Anfangsadresse der Zieldaten. Diese bestimmt die Position, an der die Grafik in die Bit-Plane kopiert wird, und ist gleich der Anfangsadresse der Bit-Plane plus der Adresse der Worts, an der die linke, obere Ecke der Grafik plaziert werden soll. In unserer Abbildung ist dies die Adresse der Bit-Plane plus 24.

Wie läuft die Blitter-Operation ab?

Nachdem die Adressen und die Modulo-Werte unseres Beispiels feststehen, beginnt der Blitter nach der Initialisierung von BLTSIZE mit dem Kopieren der Daten. Er holt das Wort an der Anfangsadresse der Quelldaten und speichert es an der Zieladresse ab. Danach addiert er ein Wort zu beiden Adressen dazu und kopiert das nächste Wort. Dies wird sooft wiederholt, bis die in BLTSIZE eingestellte Anzahl von Worten pro Zeile bearbeitet wurde. Bevor der Blitter jetzt mit der nächsten Zeile fortfährt, addiert er den Modulo-Wert zu den Adreßzeigern, damit die nächste Zeile an der richtigen Adresse beginnt.

Nachdem alle Zeilen kopiert worden sind, schaltet sich der Blitter ab und wartet auf den nächsten Auftrag. Die Adreßregister enthalten nach einer Blitter-Operation die Adresse des letzten Worts plus 2 und plus dem Modulo-Wert.

Die Adreßregister heißen BLTxPT, wobei x für eine der drei Quellen A, B, C oder den Zieldatenbereich D steht. Die Adreßregister beste-

hen wie üblich aus einem Register für die Bits 0-15 und einem für die Bits 16-18:

Reg.	Name	Funktion
048	BLTCPTH	Anfangsadresse des Bits 16-18
04A	BLTCPTL	Quelldatenbereich C Bits 0-15
04C	BLTBPTH	Anfangsadresse des Bits 16-18
04E	BLTBPTL	Quelldatenbereich B Bits 0-15
050	BLTAPTH	Anfangsadresse des Bits 16-18
052	BLTAPTL	Quelldatenbereich A Bits 0-15
054	BLTDPTH	Anfangsadresse des Bits 16-18
056	BLTDPTL	Zieldatenbereich D Bits 0-15

Jeder der vier Bereiche besitzt ein eigenes Modulo-Register:

060	BLTCMOD	Modulo-Wert für Quelle C
062	BLTBMOD	Modulo-Wert für Quelle B
064	BLTAMOD	Modulo-Wert für Quelle A
066	BLTDMOD	Modulo-Wert für Zieldaten D

Kopieren mit aufsteigenden oder absteigenden Adressen

In unserem Beispiel arbeitete der Blitter mit aufsteigenden Adressen, d.h. er beginnt bei der Anfangsadresse und erhöht diese schrittweise bis zur Endadresse. Die Endadresse ist dabei logischerweise höher als die Anfangsadresse.

Es gibt aber einen Fall, in dem eine solche Adressierung zu Fehlern führt: Das Kopieren eines Speicherbereichs an eine höhere Adresse, wobei sich Quell- und Zielbereich teilweise überlappen. Dazu ein Beispiel:

			Ergebnis:	
Adresse	Quelldaten	Zieldaten	Gewünscht	Tatsächlich
0	Quell1			
2	Quell2			
4	Quell3			
6	Quell4	Ziel1	Quell1	Quell1
8	Quell5	Ziel2	Quell2	Quell2
10		Ziel3	Quell3	Quell3
12		Ziel4	Quell4	!Quell1!
14		Ziel5	Quell5	!Quell2!

Die fünf Quelldatenworte sollen an die Adresse der Zieldaten geschrieben werden. Wenn der Blitter bei Quell1 beginnt, überschreibt er Quell4, wenn er Quell1 an der gewünschten Zieladresse Ziel1 abspeichert, da Quell4 und Ziel1 dieselbe Adresse haben (beide Bereiche überlappen sich). Das gleiche passiert bei Quell2 und Ziel2.

Wenn der Blitter dann bei der Adresse von Quell4 ankommt, befindet sich dort statt dessen Quell1. So landet Quell1 anstellt von Quell4 in Ziel4 und Quell2 in Ziel5, während Quell4 und 5 verlorengehen.

Als Lösung dieses Problems besitzt der Blitter neben dem Ascending Mode (aufsteigende Adressierung) noch den Descending Mode (absteigende Adressierung). In dieser Betriebsart beginnt er bei den Adressen in BLTxPT und erniedrigt sie nach jedem kopierten Wort um 2 Bytes. Auch der Modulo-Wert wird nicht addiert, sondern subtrahiert. Die Endadresse liegt also vor der Anfangsadresse.

Dies muß man natürlich bei der Initialisierung der BLTxPT berücksichtigen. Normalerweise setzt man sie auf die linke, obere Ecke des Blitter-Fensters im jeweiligen Datenbereich (A, B, C oder D). Im Descending Mode verläuft die Adressierung rückwärts. Entsprechend muß BPLxPT auf die rechte, untere Ecke zeigen.

Die Modulo- und die BLTSIZE-Werte sind mit denen des Ascending Mode identisch.

Man kann über die Wahl des Mode folgende Aussagen machen:

1. Keine Überlappung zwischen Quell- und Zielbereich:
   Entweder Ascending oder Descending Mode, beide arbeiten in diesem Fall korrekt.
2. Quell- und Zielbereich überlappen sich teilweise, wobei der Zielbereich vor dem Quellbereich liegt:
   Nur der Ascending Mode arbeitet korrekt.
3. Quell- und Zielbereich überlappen sich teilweise, wobei der Zielbereich hinter dem Quellbereich liegt (siehe Beispiel):
   Nur der Descending Mode arbeitet korrekt.

Die Auswahl der logischen Verknüpfungen

Wie erwähnt, gibt es drei Quelldaten, die zu den Zieldaten verknüpft werden. Diese logischen Verknüpfungen laufen immer nur bitweise ab, d.h. aus den drei Daten-Bits A, B und C muß das Ziel-Bit D gewonnen werden.

Der Blitter kennt 256 verschiedene Verknüpfungen. Diese entstehen in zwei Stufen:

1. Es werden acht verschiedene boolesche Gleichungen auf die drei Daten-Bits angewandt. Jede davon liefert bei einer anderen Kombination aus A, B und C eine 1 als Ergebnis.
2. Die acht Ergebnisse obiger Gleichungen werden wahlweise miteinander durch ein logisches ODER verknüpft. Das Ergebnis ist das Ziel-Bit D.

Der Begriff "Boolesche Gleichung" steht für einen mathematischen Ausdruck, der eine Kombination logischer Verknüpfungen darstellt. Diese Rechenweise nennt man Boolesche Algebra, nach dem englischen Mathematiker George Boole (1815 bis 1864). Die weiteren Erläuterungen der logischen Funktionen des Blitters sind auch ohne Kenntnisse der Booleschen Algebra zu verstehen. Die Booleschen Gleichungen werden aber mit aufgeführt.

Bei drei Bit gibt es 8 mögliche Kombinationen. Jede der acht Gleichungen ist bei einer davon wahr (ihr Ergebnis ist 1). Mittels acht Kontroll-Bits LF0 bis LF7 kann man wählen, ob das Ergebnis der Gleichung zur Bildung von D herangezogen werden soll. Alle Ergebnis-Bits, deren zugehöriges LFx-Bit auf 1 ist, werden miteinander logisch ODER-verknüpft. Eine ODER-Verknüpfung bedeutet, daß das Ergebnis 1 ist, wenn mindestens ein Eingangs-Bit ebenfalls auf 1 steht. Anders ausgedrückt, ein logisches ODER liefert nur eine 0, wenn alle Eingänge 0 sind.

Mittels der acht LFx-Bits kann man also wählen, bei welchen Kombinationen der drei Eingangs-Bits A, B, C das Ausgangs-Bit D gleich 1 ist. Die englische Bezeichnung für die acht Booleschen Eingangsgleichungen lautet "Miniterms". Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die zu jedem LFx-Bit gehörige Eingangskombination.

In der Spalte Miniterm steht ein kleiner Buchstabe für eine NOT-Verknüpfung des entsprechenden Eingangs-Bits. Üblicherweise wird dies durch einen Querstrich über dem Buchstaben dargestellt.

Die Spalte "Eingangs-Bits" enthält die Bit-Kombination, für die die entsprechende Gleichung erfüllt ist. Die Reihenfolge der Bits ist gleich A B C.

	LF7	LF6	LF5	LF4	LF3	LF2	LF1	LF0
Miniterm:	ABC	ABc	AbC	Abc	aBC	aBc	abC	abc
Eingangs-Bits:	111	110	101	100	011	010	001	000

Die Auswahl der einzelnen Miniterme ist einfach. Man setzt alle LFx-Bits, bei deren zugehöriger Eingangskombination das Ausgangs-Bit D gleich 1 sein soll.

In unserem ersten Beispiel sollten die Quelldaten von A direkt nach D kopiert werden. Die Quellen B und C werden nicht verwendet. Welche Miniterme müssen dafür ausgewählt werden?

D darf nur 1 sein, wenn A = 1 ist. Es kommen also nur die oberen vier Terme LF4 bis LF7 in Frage, da nur bei ihnen A = 1 ist. Damit B keine Rolle spielt, wählt man zwei Terme, in denen B einmal 1 und einmal 0 ist, die sonst aber identisch sind. Jetzt hat B keine Auswirkung mehr auf D, denn der Rest der Gleichung bleibt für beide möglichen Fälle von B unverändert, und ihr Ergebnis ist nur noch von diesem Rest abhängig. Das gleiche gilt für C. Betrachtet man die Tabelle der Eingangskombinationen, sieht man, daß LF4 bis LF7 aktiviert sein müssen. Dann hängt das Ergebnis nur noch von A ab, denn je nach Kombination von B und C ist immer eine dieser vier Gleichungen für A = 1 wahr und D damit gleich 1. Ist A = 0, sind alle vier unwahr und D = 0.

Wer sich mit der Booleschen Algebra auskennt, kann auch ganz formal zu den notwendigen Minitermen kommen. Der benötigte Ausdruck ist A = D. Da B und C beim Blitter immer mit dabei sind, müssen sie entsprechend in die Gleichung integriert werden:

```
A*(b+B)*(c+C)=D
```

Der Term x+X ist immer wahr (gleich 1) und wird verwendet, wenn der Wert von x für das Ergebnis D gleichgültig sein soll. Um jetzt zu den notwendigen Minitermen zu kommen, muß man nur noch ausmultiplizieren:

```
1.    A*(b+B)*(c+C)=D
2.    (A*b+A*B)*(c+C)=D
3.    A*b*c+A*B*c+A*b*C+A*B*C=D
```

Wie üblich kann man die Mal-Zeichen weglassen:

```
Abc+ABc+AbC+ABC=D
```

Jetzt muß man nur noch die LFx-Bits der entsprechenden Miniterme setzen. Wie man sieht, kommt man mit der Booleschen Algebra ebenfalls zum Ziel. Einige Beispiele häufig benötigter Blitter-Operationen und der zugehörigen LFx-Bits:

- Invertieren eines Datenbereichs: a = D.
  Notwendige LFx-Kombination: 00001111.
  Boolesche Algebra: a = D

  a*(b+B)*(c+C) = D

  (ab+aB)*(c+C) = D

  abc+aBc+abC+aBC = D

- Kopieren einer Grafik in eine Bit-Plane, ohne deren Inhalt zu verändern. Entspricht einem logischen ODER der Grafik A mit der Bit-Plane B: A + B = D.
  Notwendige LFx-Kombination: 11111100.
  Boolesche Algebra: A + B = D

  A(b+B)(c+C)+B(a+A)(c+C) = D

  (Ab+AB)(c+C)+(Ba+BA)(c+C) = D

  Abc+ABc+AbC+ABC+Bac+BAc+BaC+BAC = D

  Abc+ABc+AbC+ABC+aBc+aBC = D

Noch einmal die Regeln zum Heraussuchen der notwendigen LFx-Bits:

1. Bei welchen der acht Kombinationen von ABC soll D gleich 1 werden?
2. Die LFx-Bits der entsprechenden Kombinationen setzen.
3. Werden nicht alle drei Quellen benötigt, müssen sämtliche Kombinationen gewählt werden, in denen die unbenutzten Bits vorkommen und die gewünschten Bits den richtigen Wert besitzen.

Verschieben der Eingangswerte
Bei manchen Aufgaben stört es, daß der Blitter an Wortgrenzen gebunden ist. So kann es z.B. vorkommen, daß ein bestimmter Bereich innerhalb einer Bit-Map um einige Punkte verschoben werden soll. In diesem Fall müssen die Daten-Bits nur um den Teil eines Wortes bewegt werden. Oder der Blitter soll eine Grafik an einer bestimmten Koordinate in den Bildschirmspeicher schreiben, die nicht mit einer Wortgrenze übereinstimmt.

Um diese Probleme bewältigen zu können, hat der Blitter die Fähigkeit, die Datenworte aus den Quellen A und B um bis zu 15 Bits nach rechts zu verschieben. Damit ist er in der Lage, die Daten an jede gewünschte Punktposition zu bringen. Alle Bits, die bei dem Verschiebevorgang nach rechts hinausgeschoben werden, gelangen beim nächsten Wort in die dort freiwerdenden Bits. Es wird quasi die gesamte Zeile

bitweise verschoben. Das Verschieben übernimmt im Blitter ein sogenannter Barrel-Shifter. Er benötigt für einen Verschiebevorgang keine zusätzliche Zeit, egal, um wie viele Bits verschoben werden soll. Eine zusätzliche Verschiebung der Daten schränkt die Geschwindigkeit des Blitters also in keiner Weise ein!

Beispiel für eine Verschiebung der Daten um 3 Bit:

Vorher:

Datenwort 1	Datenwort 2	Datenwort 3
00011111 10011100	00010101 01111111	11100001 11100101

Nachher:

Datenwort 1	Datenwort 2	Datenwort 3
xxx00011 11110011	10000010 10101111	11111100 00111100

Die drei xxx-Bits hängen von dem vorangegangenen Datenwort ab, aus dem sie hinausgeschoben wurden.

Maskierung

Es ist möglich, daß der Blitter eine Grafik aus dem Bildschirmspeicher herauskopieren soll, deren Ränder nicht auf Wortgrenzen liegen. Die Daten, die sich links vom dem Rand der Grafik, aber noch innerhalb des ersten Datenworts befinden, sollen nicht mitkopiert werden. Um dies zu ermöglichen, hat der Blitter die Fähigkeit, das erste und letzte Datenwort einer Zeile mit einer Maske zu behandeln. Dies bedeutet, daß man wählen kann, welche Bits dieser Wörter übernommen werden. Dadurch kann man unerwünschte Daten an Rändern der Zeile löschen.

Die Maskierungsmöglichkeit existiert nur für Quelle A. Zwei Register enthalten die Masken für die beiden Ränder. Nur wenn ein Bit im Maskenregister gesetzt ist, wird es bei der Blitter-Operation übernommen. Alle übrigen werden gelöscht.

$044 BLTAFWM Blitter Source A First Word Mask

Maske für das erste Datenwort in der Zeile.

$046 BLTALWM Blitter Source A Last Word Mask

Maske für das letzte Datenwort in der Zeile. Die Bits 0 - 15 enthalten die entsprechenden Masken-Bits. Beispiel ("1" steht für ein gesetztes Bit, "." für ein gelöschtes):

Grafikdaten in der Bit-Plane:

```
    Spalte 1            Spalte 2            Spalte 3
........11111111    1111111111111111    1.............11
111111......1111    11..........1111    1111........1111
....11........11    1111.........111    11111....1111111
....11.........1    11111.........11    1111111111111111
....11.........1    11111.........11    1111111111111111
....11........11    1111.........111    11111....1111111
111111......1111    11..........1111    1111........1111
........11111111    1111111111111111    1.............11

  FirstWordMask:                          LastWordMask:
0000000011111111                        1111110000000000
```

Ergebnis:

```
    Spalte 1            Spalte 2            Spalte 3
........11111111    1111111111111111    1...............
............1111    11..........1111    1111............
..............11    1111.........111    11111...........
...............1    11111.........11    111111..........
...............1    11111.........11    111111..........
..............11    1111.........111    11111...........
............1111    11..........1111    1111............
........11111111    1111111111111111    1...............
```

Durch Ausmaskieren der unerwünschten Bildelemente an den Rändern erhält man die gewünschte Grafik.

Achtung!

Wenn die Breite des Fensters lediglich ein Wort (BLTSIZE.Width = 1) beträgt, fallen beide Masken zusammen. Sie wirken gemeinsam auf das Eingangswort. Nur die Eingangs-Bits, deren Masken-Bits in beiden Masken gesetzt sind, werden durchgelassen.

Die Blitter-Kontrollregister

Der Blitter besitzt zwei Kontrollregister, BLTCON0 und BLITCON1. In diesen Registern befinden sich verschiedene Kontroll-Bits zur Blitter-Steuerung:

BLTCON0 $040

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	ASH3	ASH0-3 enthalten den Wert für die Verschiebung
14	ASH2	der Eingangsdaten von Quelle A
13	ASH1	ASH0-3 = 0 bewirkt keine Verschiebung
12	ASH0	
11	USEA	Schaltet den DMA-Kanal für Quelle A ein
10	USEB	Schaltet den DMA-Kanal für Quelle B ein
9	USEC	Schaltet den DMA-Kanal für Quelle C ein
8	USED	Schaltet den DMA-Kanal für Ziel D ein
7	LF7	Wählt Miniterm ABC (Bit-Komb. von ABC: 111)
6	LF6	Wählt Miniterm ABc (Bit-Komb. von ABC: 110)
5	LF5	Wählt Miniterm AbC (Bit-Komb. von ABC: 101)
4	LF4	Wählt Miniterm Abc (Bit-Komb. von ABC: 100)
3	LF3	Wählt Miniterm aBC (Bit-Komb. von ABC: 011)
2	LF2	Wählt Miniterm aBc (Bit-Komb. von ABC: 010)
1	LF1	Wählt Miniterm abC (Bit-Komb. von ABC: 001)
0	LF0	Wählt Miniterm abc (Bit-Komb. von ABC: 000)

BLTCON1 $042

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	BSH3	BSH0-3 enthalten den Wert für die Verschiebung
14	BSH2	der Eingangsdaten von Quelle B
13	BSH1	BSH0-3 = 0 bewirkt keine Verschiebung
12	BSH0	
1-5		Unbelegt
4	EFE	Exclusive Fill Enable
3	IFE	Inclusive Fill Enable
2	FCI	Fill Carry In
1	DESC	DESC = 1 schaltet auf Descending Mode
0	LINE	LINE = 1 aktiviert den Linienmodus

Das LINE-Bit schaltet den Blitter auf das Zeichnen von Linien um. Will man den Blitter zum Kopieren von Daten benutzen, muß LINE = 0 sein.

Mit dem DESC-Bit kann zwischen aufsteigenden und absteigenden Adressen ungeschaltet werden. Ist DESC = 0, arbeitet der Blitter im Ascending-, bei DESC = 1 im Descending Mode.

Die EFE- und IFE-Bits aktivieren die Betriebsart "Flächen füllen" des Blitters. Sie müssen beide auf 0 sein, wenn der Blitter normal betrie-

ben werden soll. Das FCI-Bit hat nur im Zusammenhang mit dem Füllmodus eine Funktion.

Der Blitter-DMA

Die Daten der Quellbereiche A, B und C und die Ausgangsdaten D werden mittels vier DMA-Kanälen aus dem Speicher gelesen bzw. in diesen hineingeschrieben. Diesen Blitter-DMA kann man mit dem BLTEN (Bit 6) des DMACON-Registers für alle Kanäle gemeinsam einschalten. Der Blitter besitzt für seine DMA-Transfers vier Datenregister:

Adr.	Name	Funktion
000	BLTDDAT	Ausgangsdaten D
070	BLTCDAT	Datenregister von Quelle C
072	BLTBDAT	Datenregister von Quelle B
074	BLTADAT	Datenregister von Quelle A

Der DMA-Controller liest die benötigten Eingangswerte aus dem Speicher und schreibt sie in die Datenregister. Hat der Blitter die Eingangsdaten verarbeitet, enthält BLTDDAT das Ergebnis. Der DMA-Controller überträgt den Inhalt von BLTDDAT in das Chip-RAM.

Mittels der drei USEx-Bits läßt sich der DMA-Transfer über diese vier Register ein- und ausschalten. USEA = 0 schaltet z.B. den DMA-Kanal für das Datenregister A ab. Der Blitter greift aber weiterhin auf den Wert in BLTADAT zu, d.h. mit jedem neuen Wort der aktiven Quellen wird immer dasselbe Wort aus Quelle A geholt. Aus diesem Grund muß man bei nicht benutzten Quellen USEx = 0 setzen und zusätzlich noch durch eine entsprechende Auswahl der Miniterme jeden Einfluß dieser Quelle auf das Ergebnis ausschließen (s. oben). Eine andere Möglichkeit ist die bewußte Ausnutzung der Tatsache, daß nach Abschaltung des DMA-Kanals immer dasselbe Datenwort verwendet wird. Man kann damit z.B. den Speicher mit einem Muster füllen, das man direkt mit dem Prozessor in BLTxDAT hineingeschrieben hat.

Außer BLTEN gehören noch drei weitere Bits im DMACON-Register zum Blitter:

Bit 10 BLTPRI

Dieses Bit wurde schon im Kapitel über Grundlagen erklärt. Ist es 1, hat der Blitter absolute Priorität über den Prozessor.

Bit 14 BBUSY (Dieses Bit kann man nur lesen.)
BBUSY signalisiert den Zustand des Blitters. Ist es auf 1, führt er gerade eine Operation aus.

Nach dem Setzen des Blitter-Fensters in BLTSIZE beginnt der Blitter mit seinem DMA und setzt BBUSY, bis das letzte Wort des eingestellten Blitter-Fensters bearbeitet und wieder zurück in den Speicher geschrieben wurde. Er beendet dann seinen DMA und löscht BBUSY.

Gleichzeitig mit dem Löschen von BBUSY wird auch noch das Blitter-Finished-Bit im Interrupt-Request Register gesetzt.

Bit 13 BZERO
Das BZERO-Bit zeigt an, ob bei einer Blitter-Operation sämtliche Ergebnis-Bits null waren. Mit anderen Worten, BZERO ist gesetzt, wenn bei allen Datenworten keine der gewählten Verknüpfungen eine 1 als Ergebnis lieferte. Mit Hilfe des BZERO-Bits kann man z.B. eine Kollisionsüberprüfung durchführen. Man setzt die Miniterme so, daß D nur 1 wird, wenn beide Quellen ebenfalls 1 sind. Überschneiden sich die Grafiken in beiden Quellen auch nur an einem Punkt, ist das Ergebnis 1, und BZERO wird gelöscht. Am Ende der Blitter-Operation kann man so feststellen, ob eine Kollision vorlag oder nicht. USED setzt man dabei auf 0, damit die Ausgangsdaten nicht in den Speicher geschrieben werden.

Die Verwendung des Blitters zum Füllen von Flächen
Was hat man sich unter dem Begriff "Füllen von Flächen" vorzustellen? Unter einer Fläche versteht der Blitter einen zweidimensionalen Speicherbereich, den er mit Punkten füllen soll. Normalerweise gehört diese Fläche zu einer Grafik oder einer Bit-Plane.

Um eine Fläche auffüllen zu können, muß der Blitter ihre Begrenzungen kennen. Eine für den Blitter verständliche Definition der Grenzlinen ist notwendig. Vielseitige Füllfunktionen existieren in den meisten Malprogrammen und auch im AmigaBASIC beim PAINT-Befehl. Bei ihnen wird ein Bereich des Bildschirms, ausgehend von einem Startpunkt, ausgefüllt, bis das Programm auf eine Begrenzungslinie stößt. Damit lassen sich völlig frei gewählte Flächen ausmalen, vorausgesetzt, daß sie von einer durchgehenden Linie eingeschlossen sind. Der Blitter ist nicht in der Lage, eine solch komplexe Fülloperation auszuführen. Er arbeitet immer nur zeilenweise und füllt dabei die freien Plätze zwischen zwei gesetzten Bits aus, die die Grenzen der

gewünschten Fläche festlegen. Zwei Beispiele zeigen den Ablauf eines Füllvorgangs des Blitters:

Fehlerfreie Fülloperation:

```
          Vorher:                  Nachher:
...........1.1......................111...........
........1.......1................111111111........
......1...........1............1111111111111......
.....1....1...1....1..........111111...111111.....
.....1....1...1....1..........111111...111111.....
......1...........1............1111111111111......
........1.......1................111111111........
......1...........1............1111111111111......
```

Fehlerhafte Fülloperation auf Grund falsch gewählter Begrenzungs-Bits:

```
          Vorher:                  Nachher:
...........111...........11111111111111...........
........111...111................111111111........
......11...111...11......11111111111111...11......
.....1....1...1....1..........111111...111111.....
.....1....1...1....1..........111111...111111.....
......11...111...11......11111111111111...11......
........1.......1................111111111........
......1111111111111......1111111111111111111......
```

Beim ersten Beispiel wurde eine Fläche Blitter-gerecht abgegrenzt und auch korrekt gefüllt. Anders dagegen Nummer 2. Hier hat man eine geschlossene Umgrenzungslinie um die Figur gezeichnet. Versucht man eine solche Grafik mit dem Blitter zu füllen, entsteht ein Chaos.

Grund dafür ist der Algorithmus des Blitters. Er ist äußerst einfach. Der Blitter beginnt an der rechten Seite der Zeile. Um zu bestimmen, ob ein Bit gesetzt werden muß, benutzt er das sogenannte FillCarry-Bit (FC). Normalerweise ist es am Anfang gleich 0. Der Blitter prüft jetzt den Wert des Bits rechts außen. Ist es auf Null, bleibt der Wert des FC-Bits erhalten. Es bildet das entsprechende Bit der Ausgangsdaten. Der Blitter fährt in dieser Weise mit den Nachbar-Bits fort, bis er auf ein gesetztes Eingangs-Bit stößt. Dadurch wird das FC-Bit auf 1 gesetzt. Da die Ausgangs-Bits dem aktuellen Wert des FC-Bit entsprechen, sind sie ebenfalls 1. Erst wenn der Blitter erneut ein gesetztes Eingangs-Bit findet, löscht er das FC-Bit wieder. Auf diese Weise wird immer der Bereich zwischen zwei gesetzten Bits aufgefüllt. Wie

man aus dem zweiten Beispiel sehen kann, kommt die Füllogik bei einer ungeraden Anzahl von Bytes etwas durcheinander.

Den Startwert des FC-Bits bestimmt das FCI-Bit (FillCarryIn) im BLTCON1. Ist FCI gelöscht, läuft alles wie oben beschrieben ab. Ist FCI = 1, beginnt der Blitter vom Rand her zu füllen, bis er auf das erste gesetzte Eingangs-Bit stößt. Der Füllvorgang läuft umgekehrt ab.

Beispiel der Auswirkung des FCI-Bits:

```
  Ausgangsgrafik         FCI=0              FCI=1
......1.....1.....  ......1111111.....  1111111.....111111
....1.........1...  ....11111111111...  11111.........1111
...1....1.1....1..  ...111111.111111..  1111....111....111
...1....1.1....1..  ...111111.111111..  1111....111....111
....1.........1...  ....11111111111...  11111.........1111
......1.....1.....  ......1111111.....  1111111.....111111
```

Bei den bisherigen Beispielen blieben die Eingangs-Bits, also die Randbegrenzungen, im aufgefüllten Bild erhalten. Dies ist immer der Fall, wenn man den Füllmodus durch Setzen des ICE-Bits (Inclusive Fill Enable) im BLTCON1-Register aktiviert.

Im Gegensatz dazu steht der ECE-Modus (Exclusive Fill Enable), der durch das Setzen des gleichnamigen Bits in BLTCON1 eingeschaltet wird. Bei ihm werden die Begrenzungs-Bits am linken Rand einer gefüllten Fläche (also immer, wenn das Fill-Carry-Bit von 1 auf 0 wechselt) nicht in das Ausgangsbild übernommen. Damit werden sämtliche Flächen um einen Punkt schmaler. Nur im ECE-Modus ist es möglich, Flächen mit der Breite von nur einem Bit zu erhalten. Dies ist im ICE-Modus nicht möglich, denn zur Markierung einer Fläche, sei sie auch noch so schmal, sind mindestens zwei Begrenzungs-Bits notwendig, die beide im Ausgangsbild erscheinen.

Unterschied zwischen dem ICE- und ECE-Modus:

```
   Ausgangsbild           ICE                ECE
........11......11  ........11......11  .........1.......1
......1...1....1.1  ......11111....111  .......1111.....11
...1...11..1..1..1  ...111111111..1111  ....1111.111...111
1......11...11...1  111111111111111111  .1111111.1111.1111
..1..............1  ..1111111111111111  ...111111111111111
....1...........1.  ....1111111111111.  .....111111111111.
......1...1...11..  ......11111...11..  .......1111....1..
```

Bitweiser Ablauf der verschiedenen Fülloperationen:

Eingangsmuster: 11010010

		FCI = 0			FCI = 1		
Bit-Nr.	Eing.-Bit	FC	ICE	ECE	FC	ICE	ECE
-	11010010	FC=FCI			FC=FCI		
0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	10	10	0	11	01
2	0	1	110	110	0	011	001
3	0	1	1110	1110	0	0011	0001
4	1	0	11110	01110	1	10011	10001
5	0	0	011110	001110	1	110011	110001
6	1	1	1011110	1001110	0	1110011	0110001
7	1	0	11011110	01001110	1	11110011	10110001

FC=FCI bedeutet, daß das FC-Bit vor Beginn des Füllvorgangs den Wert des FCI-Bit aus BLTCON1 annimmt.

Wie wird eine Fülloperation des Blitters gestartet? Der Blitter kann diesen Füllvorgang zusätzlich zu einem normalen Kopiervorgang ausführen. Eingeschaltet wird er, indem man je nach gewünschtem Modus entweder das ICE- oder ECE-Bit in BLTCON1 setzt. Der Blitter bildet wie immer aus den drei Quellen A, B, C über die gewählten Miniterme die Ausgangsdaten D. Ist keiner der beiden Füllmodi aktiv, übernimmt der Blitter diese Daten direkt in sein Ausgangsdatenregister (BLTDDAT, $000), von wo sie per DMA in den Speicher gelangen, wenn USED = 1 ist.

Im Füllmodus dagegen werden die Ausgangsdaten D als Eingangsdaten der Füllschaltung verwendet. Das Ergebnis der Fülloperation wird dann ins Ausgangsdatenregister BLTDDAT geschrieben.

Um eine Fülloperation auszuführen, sind folgende Schritte notwendig:

- Die BLTxPT, BLTxMOD und die Miniterme so auswählen, daß die Ausgangsdaten D die korrekten Begrenzungs-Bits der zu füllenden Fläche enthalten.
- Descending Mode wählen. Der Blitter füllt von rechts nach links, dies funktioniert nur, wenn auch die Wörter mit absteigenden Adressen angesprochen werden.
- Den gewünschten Füllmodus wählen: ICE oder ECE setzen. FCI nach Wunsch setzen oder löschen.

- LINE = 0 (Linienmodus aus).
- BLTSIZE auf die Größe der zu füllenden Grafik setzen.

Der Blitter beginnt jetzt mit dem Füllvorgang. Wenn er damit fertig ist, setzt er wie üblich BLTBUSY auf 0. Die Geschwindigkeit des Blitters wird durch Aktivieren des Füllmodus nicht eingeschränkt.

Im Maximalfall ist der Blitter in der Lage, Flächen mit einer Geschwindigkeit von 16 Millionen Punkten pro Sekunde zu füllen. Hauptanwendungsgebiet des Füllmodus ist das Zeichnen ausgefüllter Vielecke. Dazu wird in einem leeren Speicherbereich mittels des Linienmodus das gewünschte Vieleck eingezeichnet. Der Blitter füllt dies dann mit hoher Geschwindigkeit auf.

Die Verwendung des Blitters zum Zeichnen von Linien

Der Blitter ist ein extrem vielseitiges Hilfsmittel. Neben den hervorragenden Fähigkeiten beim Kopieren von Daten und Füllen von Flächen besitzt er einen leistungsfähigen Modus zum Zeichnen von Linien. Wie auch die anderen Blitter-Modi ist er außerordentlich schnell: bis zu einer Million Punkte pro Sekunde. Selbst mit einem 68020 Prozessor kann man diese Geschwindigkeit softwaremäßig nur mit Mühe erreichen. Für den eingebauten 68000 ist es völlig unmöglich.

Was bedeutet eigentlich "Zeichnen von Linien"? Beim Zeichnen von Linien sollen zwei Punkte durch eine Gerade miteinander verbunden werden. Da die Auflösung einer Computergrafik begrenzt ist, kann nicht immer der optimale Punkt gewählt werden. Die tatsächlichen Punkte liegen immer etwas über oder unter der gedachten Idealgeraden. Eine solche Linie ähnelt meist mehr oder weniger einer Treppe. Je höher die Auflösung, desto kleiner sind die Stufen, aber man kann sie niemals vollkommen beseitigen.

Beispiel für eine Linie in einer Computergrafik:

```
Die beiden Punkte              werden durch eine
                               Gerade verbunden

........................       ........................
....................1...       ..................111...
........................       ...............111......
........................       ..........1111..........
........................       ........111.............
.....1..................       ....111.................
........................       ........................
```

Auswahl des richtigen OKtanten

2 1

SUD=0 SUL=1 AUL=1 | SUD=0 SUL=0 AUL=1

3 0

SUD=1 SUL=1 AUL=1 | 3 | 1 | SUD=1 SUL=1 AUL=0

7 6

X-Achse

5 4

SUD=1 SUL=0 AUL=1 | 2 | 0 | SUD=1 SUL=0 AUL=0

4 7

SUD=0 SUL=1 AUL=0 | SUD=0 SUL=0 AUL=0

5 Y-Achse 6

Nummer des Oktanten

Wert der SUD/SUL/AUL-Bits

Abb. 1.5.7.2

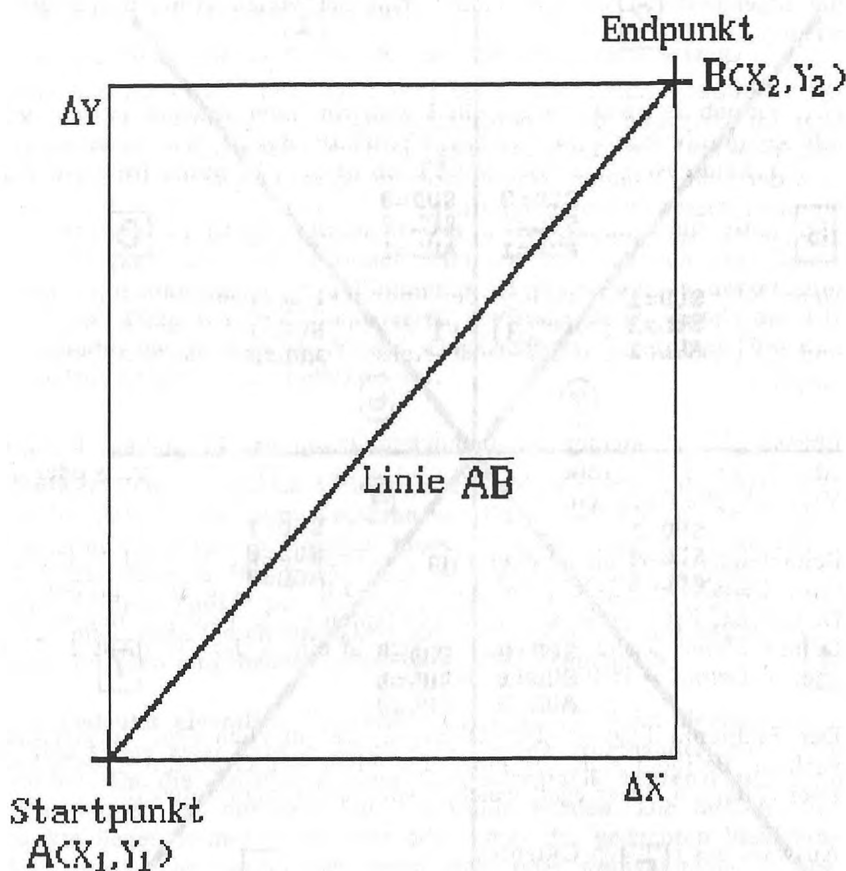


Abb. 1.5.7.3

Der Blitter ist in der Lage, solche Linien bis zu einer Länge von 1024 Punkten zu zeichnen. Leider kann man nicht einfach die Koordinaten der beiden Endpunkte angeben. Man muß die Linie wieder Blitter-gerecht definieren.

Als erstes benötigt der Blitter dazu den sogenannten Oktanten, in dem die Linie liegt. Die Aufteilung des Koordinatenkreuzes in acht Teile,

die sogenannten Oktanten, findet man bei vielen Grafikprozessoren wieder.

Die Abbildung 1.5.7.2 zeigt diese Einteilung. Der Startpunkt der Linie liegt im Ursprung des Koordinatenkreuzes (im Schnittpunkt der X- und Y-Achse). Der Endpunkt liegt je nach seinen Koordinaten in einem der acht Oktanten. Mittels drei logischer Vergleiche läßt sich die Nummer dieses Oktanten ermitteln, dabei sind X1 und Y1 die Koordinaten des Startpunktes, X2 und Y2 die des Endpunktes:

Wenn X1 kleiner X2 ist, liegt der Endpunkt in einem der Oktanten 0, 1, 6 oder 7, ist X1 größer X2, sind es Nummer 2, 3, 4 und 5. Sind X1 und X2 gleich, liegt er auf der Y-Achse. Dann sind alle acht Oktanten möglich.

Ebenso gilt: Y1 kleiner Y2, möglicher Oktant des Endpunkts: 0, 1, 2 oder 3, wenn Y1 größer Y2 ist, sind es die Oktanten 4, 5, 6 oder 7. Y1 = Y1: alle Oktanten.

Beim letzten Vergleich bildet man die Beträge der X- und Y-Differenz: DeltaX = |X2-X1|, DeltaY = |Y2-Y1|. Wenn DeltaX größer als DeltaY ist, kann er in einem der Oktanten 0, 3, 4 oder 7 liegen. Bei DeltaX kleiner DeltaY befindet er sich in einem der Oktanten 1, 2, 5 oder 6. DeltaX = DeltaY: alle Oktanten.

Der Endpunkt liegt in dem Oktanten, der in allen drei Vergleichen vorkam. Befindet sich der Punkt auf einer der Grenzlinien zwischen zwei Oktanten, ist es egal, welchen von beiden man auswählt.

Auswahl des richigen Oktanten:

Punktkoordinaten	Oktant	Code	Punktkoordinaten	Oktant	Code
Y1 <= Y2 X1 <= X2 DeltaX >= DeltaY	0	6	Y1 >= Y2 X1 >= X2 DeltaX >= DeltaY	4	5
Y1 <= Y2 X1 <= X2 DeltaX <= DeltaY	1	1	Y1 >= Y2 X1 >= X2 DeltaX <= DeltaY	5	2
Y1 <= Y2 X1 >= X2 DeltaX <= DeltaY	2	3	Y1 >= Y2 X1 <= X2 DeltaX <= DeltaY	6	0
Y1 <= Y2 X1 >= X2 DeltaX >= DeltaY	3	7	Y1 >= Y2 X1 <= X2 DeltaX >= DeltaY	7	4

Die Ziffern in der Spalte "Code" entsprechen den eingekreisten Ziffern in Abbildung 1.5.7.2. Der Blitter benötigt je nach dem Oktanten, in dem sich der Endpunkt der Linie befindet, eine Kombination dreier Bits. Sie heißen SUD (Sometimes Up or Down), SUL (Sometimes Up or Left) und AUL (Always Up or Left). "Code" ist die von diesen Bits gebildete 3-Bit-Zahl (SUD = MSB und AUL = LSB).

Beim Programmieren der Linie muß man also erst den Oktanten des Endpunktes ermitteln und danach den zugehörigen Code-Wert in den Blitter schreiben.

Linien mit Mustern
Der Blitter verwendet beim Zeichnen einer Linie eine Maske, um zu bestimmen, ob die Punkte der Linie gesetzt, gelöscht oder mit einem Muster versehen werden sollen. Die Maske hat eine Breite von 16 Bit, daher wiederholt sich das Muster alle 16 Punkte. Den Zusammenhang zwischen Muster und Aussehen der Linie kann man am besten durch ein paar Beispiele verdeutlichen:

("." = 0, "1" = 1, A = Startpunkt und B = Endpunkt)

Ausgangsbild: Maske = "1111111111111111":

```
.........11111111......B.        .........11111111....11B.
.......111......111......        .......111......11111....
.....11............11....        .....11.........11.11....
....11..............11...        ....11.......111....11...
....11..............11...        ....11...111.......11...
.....11............11....        .....11111.........11....
.......111......111......        .....11111......111......
..A......11111111........        ..A11....11111111........
```

Null-Bits in der Maske bewirken, daß Linienpunkte gelöscht werden:

Ausgangsbild: Maske = "0000000000000000":

```
....11111111111111111..B.        ....11111111111111111..B.
....11111111111111111....        ....11111111111111.......
....11111111111111111....        ....111111111111..111....
....11111111111111111....        ....111111111...11111....
....11111111111111111....        ....111111...1111111....
....11111111111111111....        ....1111.111111111111....
....11111111111111111....        ....1...1111111111111....
..A.11111111111111111....        ..A..1111111111111111....
```

Kombiniert man Nullen und Einsen in der Maske, bekommt die Linie ein Muster:

Maske = "1111111000111000

```
.A111111....................................................
...........111...1..........................................
..................111111....................................
...........................111..11..........................
...................................11111....................
...........................................111...111........
....................................................1111...B
```

Zeichnen von Begrenzungslinien

In dem Kapitel über das Füllen von Flächen mit dem Blitter wurde erklärt, daß die Begrenzungslinien dieser Flächen immer nur ein Pixel breit sein dürfen. Zeichnet man diese Linien mit dem Blitter, kann es vorkommen, daß mehrere Linienpunkte in derselben horizontalen Zeile liegen. Um dies zu verhindern, läßt sich der Blitter so umschalten, daß er beim Ziehen von Linien immer nur einen Punkt pro Zeile zeichnet:

```
Normale Linie:              Linie mit einem Punkt/Zeile:
................1111        ................1...
............1111....        ............1.......
........1111........        ........1...........
....1111............        ....1...............
1111................        1...................
```

Die Definition der Steigung

Damit der Blitter weiß, wohin er seine Linie zeichnen soll, benötigt er eine Blitter-gerechte Definition der Liniensteigung. Im einzelnen sind es die Ergebnisse dreier Terme, die alle auf den DeltaX und DeltaY-Werten basieren, wie sie im Abschnitt über die Oktanten erklärt wurden (DeltaY und DeltaX stellen die Breite und Höhe des Rechtecks dar, dessen Diagonale die Linie bildet (siehe Abbildung 1.5.7.3)).

Zuerst muß man beide Werte miteinander vergleichen, um den größeren bzw. kleineren von beiden zu kennen. Nennen wir das kleinere Delta "Kdelta" und das größere "Gdelta". Dann lauten die drei vom Blitter benötigten Ausdrücke folgendermaßen:

1. 2*Kdelta
2. 2*Kdelta - Gdelta
3. 2*Kdelta - 2*Gdelta

Außerdem besitzt der Blitter noch ein sogenanntes SIGN-Flag, welches auf 1 gesetzt werden muß, wenn 2*Kdelta < Gdelta ist.

Registerfunktionen im Linienmodus

Der Blitter verwendet beim Zeichnen von Linien dieselben Register wie beim Kopieren von Daten (er hat ja nicht mehr), ihre Funktion ändert sich allerdings:

BLTAPTL	**In BLTAPTL muß der Wert des Ausdrucks "2*Kdelta-Gdelta" geschrieben werden.**
BLTCPT & BLTDPT	**Diese beiden Registerpaare (BLTCPTH und BLTCPTL, BLTDPTH und BLTDPTL) müssen mit der Startadresse der Linie initialisiert werden. Das ist die Adresse des Wortes, in dem der Startpunkt der Linie liegt.**
BLTAMOD	**In BLTAMOD muß "2*Kdelta-2*Gdelta" stehen.**
BLTBMOD	**"2*Kdelta"**
BLTCMOD & BLTDMOD	**In diese beiden Modulo-Register muß die Breite des gesamten Bildes, in das die Linie soll, geschrieben werden. Dies geschieht wie üblich in Form einer geraden Anzahl Bytes. Bei einer normalen Bit-Plane mit 320 Punkten (40 Bytes) in X-Richtung wäre der Wert für BLTCMOD bzw. BLTDMOD = 40.**
BLTSIZE	**Die Breite (Width, Bits 0 bis 5) muß fest auf 2 gesetzt werden. Die Höhe (Height, Bits 6 bis 15) enthält die Länge der Linie in Punkten. Eine Höhe von 0 entspricht einer Linie mit einer Länge von 1024 Punkten. Die korrekte Linienlänge ist immer genau gleich dem Wert von Gdelta. Das Zeichnen der Linie wird durch Schreiben ins BLTSIZE-Register gestartet. Es sollte daher immer als letztes Register gesetzt werden.**
BLTADAT	**Dieses Register muß mit $8000 initialisiert werden.**
BLTBDAT	**BLTBDAT enthält die Maske, mit der die Linie gezeichnet wird.**
BLTAFWM	**In dieses Maskenregister kommt $FFFF.**

BLTCON0

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	START3	Der 4-Bit-Wert START0-3 enthält die Position des Startpunkts
14	START2	der Linie innerhalb des Worts
13	START1	an der Startadresse der Linie (BLTCPT/BLTDPT)
12	START0	Normalerweise sind dies die vier unteren Bits der X-Koordinate des Startpunkts.
11	USEA = 1	Diese Kombination der USEx-Bits ist im
10	USEB = 0	Linienmodus notwendig.
9	USEC = 1	
8	USED = 1	

7 bis 0	LF7 LF0	Die LFx-Bits müssen mit $CA initialisiert werden (D = aC + AB)

BLTCON1

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	Texture3	Dies ist der Wert für die Verschiebung der
14	Texture2	Maske. Normalerweise setzt man Texture0-3
13	Texture1	= Start0-3. Das Muster im Maskenregister BLTBDAT
12	Texture0	beginnt dann mit dem ersten Punkt der Linie.
11-7 = 0		Unbenutzt, immer auf 0 setzen
6	SIGN	Wenn 2*Kdelta<Gdelta ist, dann muß SIGN auf 1
5	---	Unbenutzt, immer auf 0 setzen
4	SUL	Diese drei Bits müssen mit dem SUL/SUD/AUL-Code des
3	SUD	entsprechenden Oktanten initialisiert
2	AUL	werden (Abbildung 1.5.7.2).
1	SING = 1	Zeichnet Linien mit nur einem Punkt pro Zeile.
0	LINE = 1	Schaltet den Blitter auf Linienmodus um.

Zum Abschluß noch ein Zahlenbeispiel:

Es soll eine Linie in eine Bit-Plane gezeichnet werden. Die Bit-Plane ist 320 auf 200 Punkte groß und liegt an der Adresse $40000. Der Startpunkt der Linie hat die Koordinaten X=20 und Y=185. Der Endpunkt liegt bei X=210 und Y=35 (Die Koordinaten beziehen sich auf die linke, untere Ecke der Bit-Plane). DeltaX = 190, DeltaY = 150

1. Schritt: Oktant des Endpunktes heraussuchen

Dafür werden die drei entsprechenden Vergleiche durchgeführt, Ergebnis: X1 < X2, Y1 > Y2 und DeltaX > DeltaY. Dies ergibt den Oktanten Nr. 7 und einen Wert für den SUD/SUL/AUL-Code von 4.

2. Schritt: Adresse des Startpunkts

Diese errechnet sich wie folgt:

```
Anfangsadresse der Bit-Plane + (Anzahl der Zeilen-Y1-1)
* Bytes pro Zeile + 2*(X1/16)
```

Die Nachkommastellen der Division werden abgeschnitten. Nach dem Einsetzen der Zahlen:

```
$40000 + (200-185-1)*40 + 2 = $40232
```

Dieser Wert kommt in BLTCPT und BLTDPT. Die Anzahl der Bytes pro Zeile wird außerdem noch in die BLTCMOD- und BLTDMOD-Register geschrieben.

3. Schritt: Anfangspunkt der Linie in START0-3

Nötige Rechnung: X1 AND $F. In Zahlen:

```
START0-3 = 20 AND $F = 4
```

4. Schritt: Werte für BLTAPTL, BLTAMOD und BLTBMOD

DeltaY < DeltaX, d.h. Kdelta = DeltaY und Gdelta = DeltaX.

```
BLTAPTL = 2*Kdelta-Gdelta = 2*150-190 = 110
BLTAMOD = 2*Kdelta-2*Gdelta = 2*150-2*190 = -80
BLTBMOD = 2*Kdelta = 300
2*Kdelta>Gdelta
```

Daher ist SIGN = 0.

5. Schritt: Länge der Linie für BLTSIZE

```
Länge = Gdelta = DeltaX = 190.
```

Der Wert des BLTSIZE-Registers ergibt sich aus der üblichen Formel: Länge*64 + Breite. "Breite" muß beim Ziehen von Linien immer auf 2 gesetzt werden. BLTSIZE = DeltaX*64+2 = 12162 oder $2F82.

6. Schritt: Zusammenfassung der Werte für beide BLTCONx-Register

In BLTCON0 muß der START-Wert an die richtige Position gebracht werden, dazu kommt $CA für die LFx-Bits und 1011 für USEx. In unserem Beispiel ergibt dies zusammen $ABCA.

BLTCON1 enthält den Code für den Oktanten und die Kontroll-Bits. Unsere Linie soll ganz normal gezeichnet werden, also ist SING = 0. LINE muß natürlich auf 1. SIGN wurde schon ausgerechnet und ist in unserem Beispiel ebenfalls 0. Zusammen macht das $0011.

In der Assembler-Sprache könnte die Initialisierung der Register wie folgt aussehen:

```
LEA $DFF000,A5                ;Basisadresse der Custom-Chips nach A5
MOVE.L #$40232, BLTCPTH(A5)   ;Startadresse nach BLTCPT
MOVE.L #$40232, BLTDPTH(A5)   ;und nach BLTDPT
MOVE.W #40, BLTCMOD(A5)       ;Breite der Bit-Plane nach BLTCMOD
MOVE.W #40, BLTDMOD(A5)       ;und nach BLTDMOD
MOVE.W #110, BLTAPTL(A5)
MOVE.W #-80, BLTAMOD(A5)
MOVE.W #300, BLTBMOD(A5)
MOVE.W #$ABCA, BLTCON0(A5)
MOVE.W #$11, BLTCON1(A5)
```

```
MOVE.W #12162, BLTSIZE(A5)      ;Jetzt beginnt der Blitter mit
                                ;dem Zeinchen der Linie
```

Andere Zeichenmodi

Bis jetzt wurde als Wert für die LFx-Bits immer $CA angegeben. Dies hat zur Folge, daß die Punkte der Linie in Abhängigkeit von der Maske gesetzt oder gelöscht werden, während die übrigen Punkte erhalten bleiben.

Aber es sind auch andere sinnvolle LFx-Kombinationen denkbar. Um dies zu verstehen, muß man wissen, wie die LFx-Bits im Linienmodus interpretiert werden:

Der Blitter kann den Speicher immer nur wortweise adressieren. Im Linienmodus gelangen die Eingangsdaten über den Quellkanal C in den Blitter. Dazu kommt die Maske im B-Register. Welcher Punkt innerhalb des gelesenen Worts der Linienpunkt ist, bestimmt das A-Register. Es enthält ja immer genau ein gesetztes Bit, das vom Blitter an die richtige Position geschoben wird. Der normale LFx-Wert von $CA bewirkt, daß alle Bits, bei denen das A-Bit gleich 0 ist, direkt von Quelle C übernommen werden. Ist A dagegen gleich 1, wird als Ziel-Bit das entsprechende Masken-Bit verwendet.

Weiß man, wie die LFx-Bits verwendet werden, kann man auch andere Zeichenmodi anwählen. $4A bewirkt beispielsweise, daß alle Linienpunkte invertiert werden.

Die Blitter-DMA-Zyklen

Wie schon im Kapitel Grundlagen besprochen, belegt der Blitter nur die geraden Buszyklen. Da er dabei Priorität über den 68000 hat, ist es interessant zu wissen, wie viele Zyklen dem Prozessor noch bleiben. Dies hängt von der Anzahl der aktiven Blitter-DMA-Kanäle (A, B, C und D) ab. Folgende Tabelle zeigt den Ablauf einer Blitter-Operation für alle fünfzehn möglichen Kombination aktiver und inaktiver Blitter-DMA-Kanäle. Die Buchstaben A, B, C und D stehen dabei für den entsprechenden DMA-Kanal. Die Ziffer "1" dahinter steht für das erste Wort der Blitter-Operation, "2" für alle mittleren und "3" für das letzte Datenwort. Ein Strich "--" bedeutet, daß dieser Buszyklus nicht vom Blitter belegt ist.

Belegung der geraden Buszyklen durch den Blitter:

Aktive DMA-Kanäle	Belegung der geraden Buszyklen
Keine	-- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
D	D0 -- D1 -- D2 -- -- -- -- -- -- -- --
C	C0 -- C1 -- C2 -- -- -- -- -- -- -- --
C D	C0 -- -- C1 D0 -- C2 D1 -- D2 -- -- --
B	B0 -- -- B1 -- -- B2 -- -- -- -- -- --
B D	B0 -- -- B1 D0 -- B2 D1 -- D2 -- -- --
B C	B0 C0 -- B1 C1 -- B2 C2 -- -- -- -- --
B C D	B0 C0 -- -- B1 C1 D0 -- B2 C2 D1 -- D2
A	A0 -- A1 -- A2 -- -- -- -- -- -- -- --
A D	A0 -- A1 D0 A2 D1 -- D2 -- -- -- -- --
A C	A0 C0 A1 C1 A2 C2 -- -- -- -- -- -- --
A C D	A0 C0 -- A1 C1 D0 A2 C2 D1 -- D2 -- --
A B	A0 B0 -- A1 B1 -- A2 B2 -- -- -- -- --
A B D	A0 B0 -- A1 B1 D0 A2 B2 D1 -- D2 -- --
A B C	A0 B0 C0 A1 B1 C1 A2 B2 C3 -- -- -- --
A B C D	A0 B0 C0 -- A1 B1 C1 D0 A2 B2 B3 D1 D2

Anmerkungen:

Obige Tabelle ist nur gültig, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Der Blitter wird nicht durch Copper- oder Bit-Plane-DMA-Zugriffe gestört.
2. Der Blitter läuft im Normalmodus (Weder werden Linien gezeichnet, noch werden Flächen gefüllt).
3. Das BLITPRI-Bit im DMACON-Register ist gesetzt, und der Blitter hat absolute Priorität über den 68000.

Erklärungen:

Wie man sieht, kommt es vor, daß die Ausgangsdaten D0 erst ins RAM gelangen, nachdem schon die A1, B1 und C1 Daten gelesen wurden. Dies kommt von dem sogenannten "Pipelining" innerhalb des Blitters. Pipelining bedeutet, daß die Verarbeitung der Daten innerhalb des Blitters in mehreren Stufen abläuft, die voneinander unabhängig arbeiten. Jede Stufe ist mit dem Ausgang der vorangehenden und dem Eingang der nachfolgenden verbunden. Die erste Stufe bekommt die Eingangsdaten (z.B. A0, B0 und C0), verarbeitet sie und gibt sie an die zweite weiter. Während sie in dieser Stufe weiterverarbeitet werden, gelangen schon die nächsten Eingangsdaten in die Eingangsstufe (A1, B1 und C1). Wenn die ersten Daten dann zur Ausgangsstufe gelangen (D0), hat der Blitter schon längst die nächsten Daten gelesen. Es befinden sich während einer Blitter-Operation zu jedem Zeitpunkt

immer zwei Datenpaare in unterschiedlichen Verarbeitungsstufen im Blitter.

Die Tabelle ermöglicht auch die Berechnung der Ablaufdauer einer Blitter-Operation. In jeder Mikrosekunde hat der Blitter zwei Buszyklen zur Verfügung. Soll z.B. ein Bereich von 64 KByte (32768 Worte) von A nach D kopiert werden, benötigt der Blitter 2*32768 Zyklen. Wenn derselbe Bereich aber noch mit Quelle C kombiniert werden soll, ergeben sich 3*32768 Zyklen, da für jedes Wort noch ein Datenwort aus Quelle C gelesen werden muß.

Die Tabelle zeigt auch, daß der Blitter nicht in der Lage ist, jeden Buszyklus zu nutzen, wenn nur ein Blitter-DMA-Kanal aktiv ist.

Beispielprogramme

Programm 1: Linien mit dem Blitter

Dieses Programm stellt eine universelle Routine zum Zeichnen von Linien mit dem Blitter zur Verfügung. Sie zeigt, wie man die notwendigen Werte berechnen kann. Ansonsten ist das Programm einfach:

Im Vorprogramm wird der Speicher angefordert und die Copper-List aufgebaut. Unbekannt dürfte nur die OwnBlitter-Routine sein. Wie ihr Name schon sagt, kann man mit ihr den Blitter für sich beanspruchen. Entsprechend steht daher am Ende des Programms das Gegenstück dazu, der DisownBlitter-Aufruf, mit dem der Blitter wieder unter die Kontrolle des Betriebssystems gestellt wird.

Das Programm verwendet nur eine einzige Hires-Bit-Plane, mit den Standardmaßen 640 auf 256 Punkte. In der Hauptschleife zeichnet das Programm Linien, die immer von einer Bildschirmkante durch den Bildmittelpunkt zur gegenüberliegenden Seite gehen. Immer, wenn ein Bildschirm auf diese Weise gefüllt wurde, verschiebt das Programm die Maske, mit der die Linien gezeichnet werden, und beginnt wieder von vorne.

Anmerkung: Die Koordinatenangaben in dem Programm gehen von einem Punkt 0,0 in der oberen, linken Bildecke aus, sind also keine mathematischen Koordinaten, wie sie in den vorangegangenen Erklärungen benutzt wurden. Praktisch hat das die Auswirkung, daß in Vergleichen der Y-Werte das Größer/Kleiner-Zeichen umgedreht werden muß.

```
;*** Linien mit dem Blitter

;Custom-Chip-Register

INTENA  = $9A                   ;Interrupt-Enable-Register (schreiben)
DMACON  = $96                   ;DMA-Kontrollregister (schreiben)
DMACONR = $2                    ;DMA-Kontrollregister (lesen)
COLOR00 = $180                  ;Farbpalettenregister 0
VHPOSR  = $6                    ;Strahlposition (lesen)

;Copper-Register

COP1LC  = $80                   ;Adresse der 1. Copper-List
COP2LC  = $84                   ;Adresse der 2. Copper-List
COPJMP1 = $88                   ;Sprung nach Copper-List 1
COPJMP2 = $8a                   ;Sprung nach Copper-List 2

;Bit-Plane-Register

BPLCON0 = $100                  ;Bit-Plane-Kontrollregister 0
BPLCON1 = $102                  ;1 (Scroll-Werte)
BPLCON2 = $104                  ;2 (Sprite<>Playfield Priorität)
BPL1PTH = $0E0                  ;Zeiger auf 1. Bit-Plane
BPL1PTL = $0E2                  ;
BPL1MOD = $108                  ;Modulo-Wert für ungerade Bit-Planes
BPL2MOD = $10A                  ;Modulo-Wert für gerade Bit-Planes
DIWSTRT = $08E                  ;Start des Bildschirmfensters
DIWSTOP = $090                  ;Ende des Bildschirmfensters
DDFSTRT = $092                  ;Bit-Plane DMA Start
DDFSTOP = $094                  ;Bit-Plane DMA Stop

;Blitter-Register

BLTCON0 = $40                   ;Blitter-Kontrollregister 0 (ShiftA,Usex,LFx)
BLTCON1 = $42                   ;Blitter-Kontrollregister 1 (ShiftB,ver. Bits)
BLTCPTH = $48                   ;Zeiger auf Quelle C
BLTCPTL = $4a
BLTBPTH = $4c                   ;Zeiger auf Quelle B
BLTBPTL = $4e
BLTAPTH = $50                   ;Zeiger auf Quelle A
BLTAPTL = $52
BLTDPTH = $54                   ;Zeiger auf Zieldaten D
BLTDPTL = $56
BLTCMOD = $60                   ;Modulo-Wert für Quelle C
BLTBMOD = $62                   ;Modulo-Wert für Quelle B
BLTAMOD = $64                   ;Modulo-Wert für Quelle A
BLTDMOD = $66                   ;Modulo-Wert für Ziel D
BLTSIZE = $58                   ;Höhe und Breite des Blitter-Fensters
BLTCDAT = $70                   ;Datenregister Quelle C
BLTBDAT = $72                   ;Datenregister Quelle B
BLTADAT = $74                   ;Datenregister Quelle A
BLTAFWM = $44                   ;Maske für das erste Datenwort von Quelle A
BLTALWM = $46                   ;Maske für das erste Datenwort von Quelle B

;CIA-A Portregister A (Maustaste)

CIAAPRA = $bfe001
```

```
;Exec Library Base Offsets

OpenLibrary = -30-522              ;LibName,Version/a1,d0
Forbid      = -30-102
Permit      = -30-108
AllocMem    = -30-168              ;ByteSize,Requirements/d0,d1
FreeMem     = -30-180              ;MemoryBlock,ByteSize/a1,d0

;Graphics Library Base Offsets

OwnBlitter    = -30-426
DisownBlitter = -30-432

;graphics base

StartList  = 38

;Sonstige Label

Execbase   = 4
Planesize  = 80*256                ;Größe der Bit-Plane: 80 Bytes auf 256 Zeilen
Planewidth = 80
CLsize     = 3*4                   ;Die Copper-List enthält 3 Befehle
Chip       = 2                     ;Chip-RAM anfordern
Clear      = Chip+$10000           ;Chip-RAM vorher löschen

;*** Vorprogramm ***

Start:

;Speicher für die Bit-Plane anfordern

move.l Execbase,a6
move.l #Planesize,d0               ;Speicherbedarf der Plane
move.l #clear,d1
jsr    AllocMem(a6)                ;Speicher anfordern
move.l d0,Planeadr
beq    Ende                        ;Fehler! -> Ende

;Speicher für Copper-List anfordern

moveq  #Clsize,d0
moveq  #chip,d1
jsr    AllocMem(a6)
move.l d0,CLadr
beq    FreePlane                   ;Fehler! -> FreePlane

;Copper-List erstellen

move.l d0,a0                       ;Adresse der Copper-List nach a0
move.l Planeadr,d0                 ;Adresse der Bit-Plane
move.w #bpl1pth,(a0)+              ;Ersten Copper-Befehl ins RAM
swap   d0
move.w d0,(a0)+                    ;Hi-Wort der Bitplaneadresse ins RAM
move.w #bpl1ptl,(a0)+              ;Zweiten Befehl ins RAM
swap   d0
move.w d0,(a0)+                    ;Lo-Wort der Bit-Plane-Adresse ins RAM
```

```
move.l #$fffffffe,(a0)          ;Ende der Copper-List

;Blitter anfordern

move.l #GRname,a1
clr.l  d0
jsr    OpenLibrary(a6)
move.l a6,-(sp)                 ;ExecBase auf den Stack
move.l d0,a6                    ;GraphicsBase nach a6
move.l a6,-(sp)                 ;und auch auf den Stack
jsr    OwnBlitter(a6)           ;Blitter übernehmen

;*** Hauptprogramm ***

;DMA und Task-Switching sperren

move.l 4(sp),a6                 ;ExecBase nach a6
jsr    forbid(a6)               ;Task-Switching aus
lea    $dff000,a5
move.w #$03e0,dmacon(a5)

;Copper initialisieren

move.l CLadr,cop1lc(a5)
clr.w  copjmp1(a5)

;Farben festlegen

move.w #$0000,color00(a5)       ;Hintergrund schwarz
move.w #$0fa0,color00+2(a5)     ;Linien gelb

;Playfield initialisieren

move.w #$3081,diwstrt(a5)       ;30,129
move.w #$30c1,diwstop(a5)       ;30,449
move.w #$003c,ddfstrt(a5)       ;Normaler Hires-Bildschirm
move.w #$00d4,ddfstop(a5)
move.w #%1001001000000000,bplcon0(a5)
clr.w  bplcon1(a5)
clr.w  bplcon2(a5)
clr.w  bpl1mod(a5)
clr.w  bpl2mod(a5)

;DMA ein
move.w #$83C0,dmacon(a5)

;Linien zeichen

;Startwerte festlegen:

move.l Planeadr,a0              ;Konstante Parameter für DrawLine
move.w #Planewidth,a1           ;In die entsprechenden Register
move.w #255,a3                  ;Maße der Bit-Plane in Register
move.w #639,a4
move.w #$0303,d7                ;Startmuster

Loop:  rol.w #2,d7              ;Muster verschieben
```

```
move.w d7,a2                    ;Muster in Register für DrawLine

clr.w  d6                       ;Schleifenvariable löschen
SchleifeX:
clr.w  d1                       ;Y1 = 0
move.w a3,d3                    ;Y2 = 255
move.w d6,d0                    ;X1 = Schleifenvariable
move.w a4,d2
sub.w  d6,d2                    ;X2 = 639-Schleifenvariable

bsr    DrawLine                 ;Linie zeichnen

addq.w #4,d6                    ;Schleifenvariable erhöhen
cmp.w  a4,d6                    ;Test ob schon größer als 639
ble.s  SchleifeX                ;Wenn nein, mit der Schleife weitermachen

clr.w  d6                       ;Schleifenvariable löschen
SchleifeY:
move.w a4,d0                    ;X1 = 639
clr.w  d2                       ;X2 = 0
move.w d6,d1                    ;Y1 = Schleifenvariable
move.w a3,d3
sub.w  d6,d3                    ;Y2 = 255-Schleifenvariable

bsr DrawLine                    ;Linie zeichnen

addq.w #2,d6                    ;Schleifenvariable erhöhen
cmp.w  a3,d6                    ;Test ob schon größer als 255
ble.s  SchleifeY                ;wenn nein, mit der Schleife weitermachen

btst #6,ciaapra                 ;Maustaste gedrückt?
bne  Loop                       ;Nein -> weitermachen

;*** Nachprogramm ***

;Warten, bis Blitter fertig ist

Wait: btst #14,dmaconr(a5)
bne   Wait

;Alte Copper-List wieder aktivieren

move.l (sp)+,a6                 ;GraphicsBase vom Stack holen
move.l StartList(a6),cop1lc(a5)
clr.w  copjmp1(a5)              ;Startup-Copper-List aktivieren
move.w #$8020,dmacon(a5)
jsr    DisownBlitter(a6)        ;Blitter freigeben
move.l (sp)+,a6                 ;ExecBase vom Stack
jsr    Permit(a6)               ;Task-Switching wieder erlauben

;Speicher für Copper-List wieder freigeben

move.l CLadr,a1                 ;Parameter für FreeMem setzen
moveq  #CLsize,d0
jsr    FreeMem(a6)              ;Speicher freigeben
```

```
;Speicher für Bit-Plane wieder freigeben

FreePlane:
move.l Planeadr,a1
move.l #Planesize,d0
jsr    FreeMem(a6)

Ende:
clr.l  d0
rts                               ;Programm verlassen

;Variablen

CLadr:    dc.l 0                  ;Adresse der Copper-List
Planeadr: dc.l 0                  ;Adresse der Bit-Plane

;Konstanten

GRname: dc.b "graphics.library",0

even

;*** DrawLine Routine ***
;DrawLine zeichnet eine Linie mit dem Blitter.
;Folgende Parameter werden benötigt:
;d0  =  X1   X-Koordinate des Startpunkts
;d1  =  Y1   Y-Koordinate des Startpunkts
;d2  =  X2   X-Koordinate des Endpunkts
;d3  =  Y2   Y-Koordinate des Endpunkts
;a0 muss auf das erste Wort der Bit-Plane zeigen
;a1 enthält die Breite der Bit-Plane in Bytes
;a2 wird direkt in das Maskenregister geschrieben
;d4 bis d6 werden als Arbeitsregister verwendet

DrawLine:

;Berechnung der Anfangsadresse der Linie

move.l a1,d4                          ;Breite in Arbeitsregister
mulu   d1,d4                          ;Y1 * Bytes pro Zeile
moveq  #-$10,d5                       ;Vorzeichenlos: $f0
and.w  d0,d5                          ;Untere vier Bits von X1 ausmaskieren
lsr.w  #3,d5                          ;Rest durch 8 teilen
add.w  d5,d4                          ;Y1 * Bytes pro Zeile + X1/8
add.l  a0,d4                          ;Plus Anfangsadresse der Bit-Plane
;d4 enthält jetzt die Startadresse der Linie
;Oktant und Deltas errechnen

clr.l  d5                             ;Arbeitsregister löschen
sub.w  d1,d3                          ;Y2-Y1  DeltaY nach D3
roxl.b #1,d5                          ;Vorzeichen von DeltaY in d5 schieben
tst.w  d3                             ;N-Flag restaurieren
bge.s  y2gy1                          ;Wenn DeltaY positiv, nach y2gy1
neg.w  d3                             ;DeltaY invertieren (wird dadurch positiv)
y2gy1:
sub.w  d0,d2                          ;X2-X1  DeltaX nach D2
roxl.b #1,d5                          ;Vorzeichen von DeltaX in d5 schieben
tst.w  d2                             ;N-Flag restaurieren
```

```
bge.s  x2gx1                          ;Wenn DeltaX positiv, nach x2gx1
neg.w  d2                             ;DeltaX invertieren (wird dadurch positiv)
x2gx1:
move.w d3,d1                          ;DeltaY nach d1
sub.w  d2,d1                          ;DeltaY-DeltaX
bge.s  dygdx                          ;Wenn DeltaY > DeltaX, nach dygdx
exg    d2,d3                          ;Kleineres Delta nach d2
dygdx: roxl.b #1,d5                   ;d5 enthält das Ergebnis der 3 Vergleiche
move.b Okttabelle(pc,d5),d5           ;Zugehörigen Oktanten holen
add.w  d2,d2                          ;Kleines Delta * 2

;Test, ob der Blitter die letzte Operation schon beendet hat

WBlit:  btst #14,dmaconr(a5)          ;BBUSY-Bit testen
bne.s   WBlit                         ;Warten, bis es gleich 0 ist

move.w  d2,bltbmod(a5)                ;2* kleines Delta nach BLTBMOD
sub.w   d3,d2                         ;2* kleines Delta - grosses Delta
bge.s   signnl                        ;Wenn 2*Kdelta >= Gdelta nach signnl
or.b    #$40,d5                       ;Sign-Flag setzen
signnl: move.w d2,bltaptl(a5)         ;2*Kdelta-Gdelta in BLTAPTL
sub.w   d3,d2                         ;2* kleines Delta - 2* grosses Delta
move.w  d2,bltamod(a5)                ;Nach BLTAMOD

;Restliche Register initialisieren

move.w #$8000,bltadat(a5)
move.w a2,bltbdat(a5)                 ;Maske aus a2 in BLTBDAT
move.w #$ffff,bltafwm(a5)
and.w  #$000f,d0                      ;Untere 4 Bits von X1
ror.w  #4,d0                          ;An START0-3 schieben
or.w   #$0bca,d0                      ;USEx und LFx setzen
move.w d0,bltcon0(a5)
move.w d5,bltcon1(a5)                 ;Oktant in Blitter
move.l d4,bltcpth(a5)                 ;Startadresse der Linie nach
move.l d4,bltdpth(a5)                 ;BLTCPT und BLTDPT
move.w a1,bltcmod(a5)                 ;Breite der Bit-Plane in die
move.w a1,bltdmod(a5)                 ;beiden Modulo-Register

;BLTSIZE initialisieren und Blitter starten

lsl.w  #6,d3                          ;Länge * 64
addq.w #2,d3                          ;plus (Width = 2)
move.w d3,bltsize(a5)

rts

;Oktantentabelle mit LINE =1:
;Die Oktantentabelle enthält für jeden Oktanten den zuge-
;hörigen Code-Wert, der schon an die richtige Position ge-
;schoben ist. Außerdem ist noch das LINE-Bit gesetzt.

Okttabelle:

 dc.b 0 *4+1 ;y1<y2, x1<x2, dx<dy = Okt6
 dc.b 4 *4+1 ;y1<y2, x1<x2, dx>dy = Okt7
 dc.b 2 *4+1 ;y1<y2, x1>x2, dx<dy = Okt5
 dc.b 5 *4+1 ;y1<y2, x1>x2, dx>dy = Okt4
```

```
dc.b 1 *4+1 ;y1>y2, x1<x2, dx<dy = Okt1
dc.b 6 *4+1 ;y1>y2, x1<x2, dx>dy = Okt0
dc.b 3 *4+1 ;y1>y2, x1>x2, dx<dy = Okt2
dc.b 7 *4+1 ;y1>y2, x1>x2, dx>dy = Okt3
```

Programm 2: Flächen füllen mit dem Blitter

Dieses Programm ähnelt sehr dem ersten Programm. Es zeigt, wie man durch Zeichnen von Begrenzungslinien und Füllen mit dem Blitter ausgemalte Vielecke erzeugen kann. Da es größtenteils mit dem ersten Programm identisch ist, haben wir hier lediglich die Teile abgedruckt, die in Programm 1 ausgetauscht werden müssen, um Programm 2 zu erhalten.

Dies ist einmal der Abschnitt von dem Kommentar "Linien zeichnen" bis zum Kommentar "*** Nachprogramm ***". Dieser Bereich muß gegen den nachfolgenden Abschnitt mit der Bezeichnung "Teil 1" ausgetauscht werden.

Außerdem muß die alte Oktantentabelle am Ende des Programms durch die neue nach der Überschrift "Teil 2" ersetzt werden. Die neue Oktantentabelle ist notwendig, da der Blitter zum Füllen der Flächen ja Begrenzungslinien mit nur einem Punkt pro Zeile benötigt. In der neuen Oktantentabelle ist daher zusätzlich zum LINE-Bit auch noch das SING-Bit gesetzt.

Das mit "Teil 1" bezeichnete Programm zieht zwei Linien und läßt den dazwischenliegenden Bereich vom Blitter auffüllen. Danach wartet es auf die Maustaste.

```
;*** Flächen füllen mit dem Blitter ***

Teil 1:

;Ausgefülltes Dreieck zeichen

;Startwerte festlegen

move.l Planeadr,a0                   ;Konstante Parameter für
move.w #Planewidth,a1                ;Die LineDraw-Routine setzen
move.w #$ffff,a2                     ;Maske auf $FFFF -> kein Muster

;* Begrenzungslinien zeichnen *

;Linie von 320,10 nach 600,230
move.w #320,d0
move.w #10,d1
move.w #600,d2
move.w #230,d3
```

```
bsr.L  drawline                         ;Linie zeichnen

;Linie von 319,10 nach 40,230
move.w #319,d0
move.w #10,d1
move.w #40,d2
move.w #230,d3
bsr.L  drawline                         ;Linie zeichnen

;* Fläche auffüllen *

;Warten, bis Blitter die letzte Linie gezeichnet hat

Wline: btst #14,dmaconr(a5)             ;BBUSY teste
bne.S  Wline

add.l  #Planesize-2,a0                  ;Adresse des letzten Worts
move.w #$09f0,bltcon0(a5)               ;USEA und D, LFx: D = A
move.w #$000a,bltcon1(a5)               ;Inclusive Fill plus Descending
move.w #$ffff,bltafwm(a5)               ;First- und Lastword-Mask setzen
move.w #$ffff,bltalwm(a5)
move.l a0,bltapth(a5)                   ;Adresse des letzten Worts der Bit-
move.l a0,bltdpth(a5)                   ;Plane in die Adreßzeiger-Register
move.w #0,bltamod(a5)                   ;Kein Modulo
move.w #0,bltdmod(a5)
move.w #$ff*64+40,bltsize(a5)           ;Blitter starten

;Auf Maustaste warten

end:  btst #6,ciaapra                   ;Maustaste gedrückt?
bne.S end                               ;Nein -> weitermachen

Ende von Teil 1.

Teil 2:

;Oktantentabelle mit SING =1 und LINE =1:

Okttabelle:

 dc.b 0 *4+3 ;y1<y2, x1<x2, dx<dy = Okt6
 dc.b 4 *4+3 ;y1<y2, x1<x2, dx>dy = Okt7
 dc.b 2 *4+3 ;y1<y2, x1>x2, dx<dy = Okt5
 dc.b 5 *4+3 ;y1<y2, x1>x2, dx>dy = Okt4
 dc.b 1 *4+3 ;y1>y2, x1<x2, dx<dy = Okt1
 dc.b 6 *4+3 ;y1>y2, x1<x2, dx>dy = Okt0
 dc.b 3 *4+3 ;y1>y2, x1>x2, dx<dy = Okt2
 dc.b 7 *4+3 ;y1>y2, x1>x2, dx>dy = Okt3
```

1.5.8 Die Tonausgabe

Grundlagen elektronischer Musik

Wenn wir etwas hören, egal ob Musik, Geräusche oder Sprache, geschieht dies in Form von Schwingungen der Luft, den Schallwellen, die unser Ohr erreichen. Ein normales Musikinstrument erzeugt diese Schwingungen entweder direkt, wie z.B. eine Flöte, bei ihr wird die Luft durch Hineinblasen in Schwingungen versetzt, oder indirekt, indem erst ein Teil des Instruments den Ton erzeugt und ihn dann an die Luft weitergibt. Dies geschieht beispielsweise bei allen Saiteninstrumenten.

Ein elektronisches Instrument erzeugt in seinen Schaltkreisen elektrische Schwingungen, die in ihrem Verlauf dem gewünschten Ton entsprechen. Hörbar werden sie erst, wenn sie mittels eines Lautsprechers in Schallschwingungen umgewandelt werden. Beim Amiga verwendet man dazu meistens den im Monitor eingebauten Lautsprecher. Leider ist dieser aufgrund seiner Größe und Qualität nicht in der Lage, die elektrischen Schwingungen in identische Schallwellen umzusetzen. Auf deutsch gesagt: Er klingt schlecht. Man sollte daher den Amiga unbedingt an eine gute Verstärkeranlage anschließen, um in den vollen Genuß seiner musikalischen Fähigkeiten zu kommen. Doch welche Parameter bestimmen den Ton, der aus dem Computer kommt?

Frequenz

Als erstes ist da die Frequenz eines Tons. Sie bestimmt, ob er hoch oder tief klingt. Physikalisch gesehen ist die Frequenz die Anzahl der Schwingungen in der Sekunde, gemessen wird sie in Hertz (Hz). 1 Schwingung pro Sekunde ist 1 Hz, folgerichtig entspricht ein Kilohertz dann 1000 Hertz. Das menschliche Ohr kann Töne zwischen 16 und 16000 Hertz wahrnehmen. Wer etwas von Musik versteht, weiß, daß das eingestrichene "a" eine Frequenz von 440 Hz hat. Der Zusammenhang zwischen Frequenz und Tonhöhe ist wie folgt: Mit jeder Oktave verdoppelt sich die Frequenz. Das zweigestrichene "a" hat demzufolge eine Frequenz von 880 Hz, während das kleine "a" (eine Oktave unter dem eingestrichenen "a") mit einer Frequenz von 220 Hz erklingt.

Die Frequenz eines Tones muß nicht unbedingt konstant sein. Sie kann z.B. periodisch einige Hz um die eigentliche Tonhöhe schwanken. Dieser Effekt heißt Vibrato.

Lautstärke

Der zweite Parameter eines Tones ist seine Lautstärke. Unter der Lautstärke versteht man, vereinfacht gesagt, die Amplitude einer Schwingung. Gemessen wird die Lautstärke eines Tones in Dezibel (dB). Der Bereich menschlichen Hörens reicht von 1 dB bis ca. 120 dB. Etwa 10 dB bewirken eine Verdoppelung der Lautstärke. Die Lautstärke des Schalls bezeichnet man auch als Schalldruck.

Die Lautstärke kann durch viele Parameter beeinflußt werden. Am einfachsten natürlich durch den Lautstärkeregler am Monitor bzw. Verstärker. Dieser macht nichts anderes, als die Amplitude der elektrischen Schwingung zu verändern. Aber auch der Abstand zwischen Zuhörer und Lautsprecher hat eine Auswirkung auf die Lautstärke. Je weiter man sich vom Lautsprecher entfernt, desto leiser wird der Ton. Aber auch die Raumeinrichtung, offene oder geschlossene Türen usw., all dies kann sich auf die Amplitude der Schallwellen auswirken. Aus diesem Grund ist die absolute Lautstärke auch nicht so wichtig. Entscheidend ist vielmehr die relative Lautstärke der Töne untereinander, z.B. ob der nachfolgende Ton lauter oder leiser als sein Vorgänger ist.

Zwischen der Lautstärke eines Tones und seiner Frequenz besteht ein Zusammenhang. Der Grund dafür ist die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres. Hohe und tiefe Töne werden leiser empfunden als die mittleren, auch wenn sie physikalisch denselben Schalldruck in Dezibel haben. Dieser mittlere Tonhöhenbereich reicht ganz grob von etwa 1000 bis 3000 Hz. Innerhalb dieses Frequenzbereichs befinden sich die Schwingungen der menschlichen Sprache, was vielleicht der Grund für die dort höhere Empfindlichkeit ist.

Auch die Lautstärke eines Tones kann sich innerhalb eines gewissen Rahmens periodisch verändern, diesen Effekt nennt man Tremolo. Dazu kommt noch der Lautstärkeverlauf vom Beginn bis zum Ende des Tones. Ein Ton kann laut beginnen und dann langsam ausklingen. Er kann aber auch laut beginnen, dann auf ein bestimmtes Maß absinken und zum Schluß abrupt abbrechen. Oder er beginnt leise und steigert dann langsam seine Lautstärke. Es gibt hier fast unendlich viele Kombinationsmöglichkeiten.

Klangfarbe

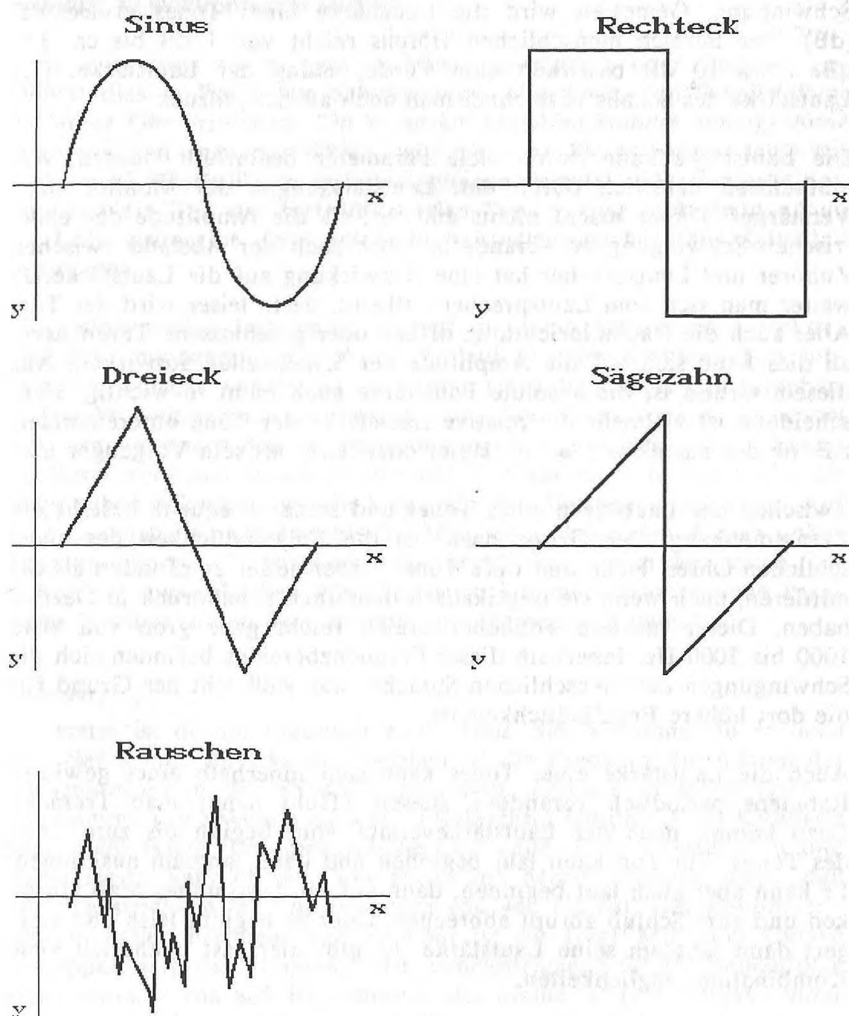


Abb. 1.5.8.1

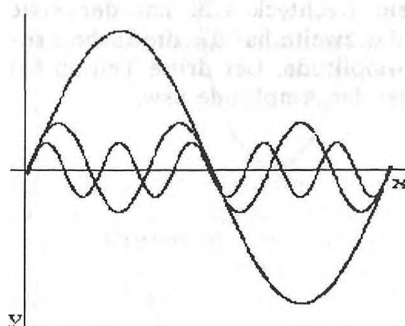
Der dritte und letzte Parameter eines Tones ist etwas komplizierter. Es handelt sich dabei um die Klangfarbe. Sie spielt eine wichtige Rolle.

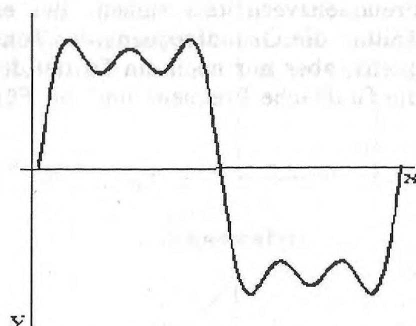
Es gibt hunderte verschiedener Instrumente, die alle einen Ton mit gleicher Frequenz und Lautstärke spielen können, aber trotzdem klingt jedes davon anders. Der Grund dafür liegt in der Form der Schwingung. Die Abbildung 1.5.8.1 zeigt vier häufig vorkommende Wellenformen. Warum klingen sie unterschiedlich?

Jede Wellenform, egal wie sie auch aussieht, besteht immer aus einem Gemisch von Sinusschwingungen, die untereinander in einem festen Freuquenzverhältnis stehen. Bei einem Rechteck z.B. hat der erste Teilton die Grundfrequenz des Tons, der zweite hat die dreifache Frequenz, aber nur noch ein Drittel der Amplitude. Der dritte Teilton hat die fünffache Frequenz und ein Fünftel der Amplitude usw.

Zusammensetzung verschiedener Wellenformen
aus Sinusschwingungen

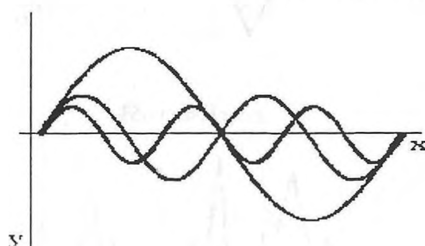
Schon 3 Sinuskurven ergeben ein brauchbares Rechteck

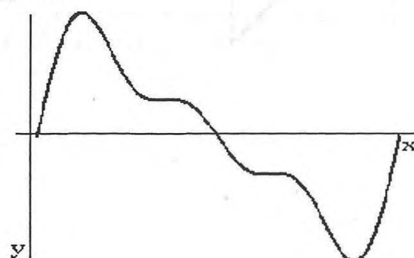




$$y = \sin x + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5}$$

oder einen Sägezahn





$$y = \sin x + \frac{\sin 2x}{2} + \frac{\sin 3x}{3}$$

Abb. 1.5.8.2

Abbildung 1.5.8.2 zeigt dies sowohl für eine Rechteckschwingung als auch für einen Sägezahn. Der Einfachheit halber sind jeweils nur die ersten drei Teiltöne angegeben.

Wie gesagt, setzen sich alle periodischen Wellenformen aus Sinusschwingungen zusammen. Man nennt sie die Obertonreihe eines Tons. Die reine Sinusschwingung besteht logischerweise nur aus dem 1. Teilton. Eine Rechteckschwingung enthält unendlich viele Obertöne. Die Anzahl der Obertöne und ihr Frequenz- und Amplitudenverhältnis untereinander bestimmen allein über die Klangfarbe eines Tones. Die Obertonreihe ist deshalb so wichtig, weil das menschliche Ohr nur auf Sinusschwingungen reagiert. Ein Ton, dessen Wellenform vom reinen Sinus abweicht, wird schon im Ohr, also noch vor dem eigentlichen Hören, in seine Teiltöne zerlegt. Man sollte diese Tatsachen während den folgenden Erläuterungen im Hinterkopf behalten.

Geräusche

Außer Tönen gibt es auch noch Geräusche. Während man einen Ton sehr genau definieren und auch elektronisch erzeugen kann, ist dies bei den Geräuschen sehr viel schwieriger. Sie besitzen weder eine bestimmte Frequenz noch einen definierten Lautstärkeverlauf und auch keine einheitliche Wellenform. Sie stellen eine willkürliche Kombination von Schall-Ereignissen dar. Die Grundlage vieler Geräusche ist daher das Rauschen, denn Rauschen ist eine Mischung unendlich vieler Schwingungen, deren Frequenzen und Phasenlagen in keinem bestimmten Verhältnis zueinander stehen. Der Wind rauscht beispielsweise, weil jedes der abermillionen Luftmoleküle beim Zusammenstoß untereinander oder mit den Gegenständen auf dem Erdboden in Eigenschwingungen versetzt wird, die alle zusammen ein undefinierbares Klanggemisch bilden, eben das typische Windrauschen.

Die Tonerzeugung beim Amiga

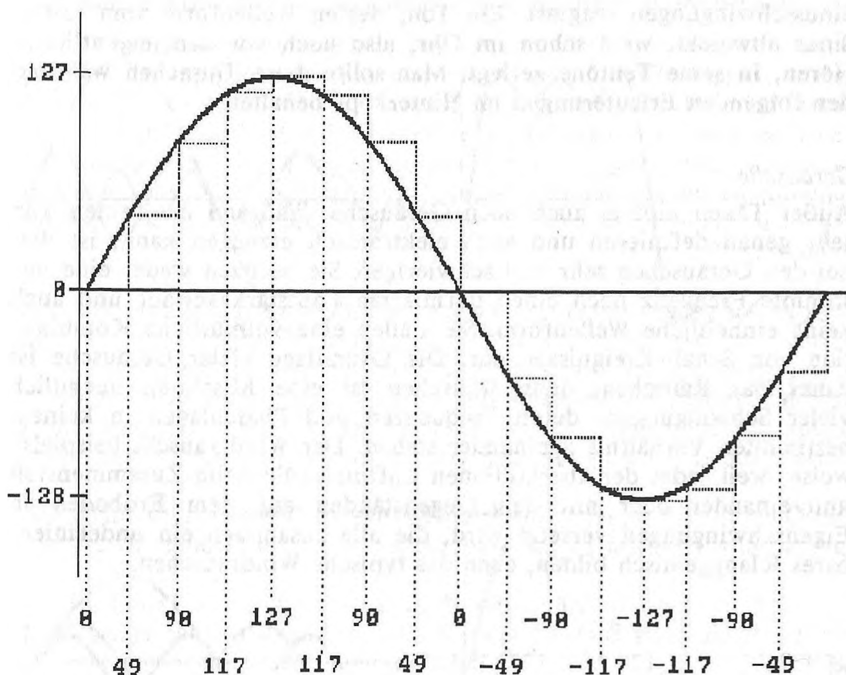


Abb. 1.5.8.3

Das Hauptkriterium für die Beurteilung der akustischen Fähigkeiten eines Computers ist seine Vielseitigkeit. Optimal wäre es, wenn sich alle drei Parameter eines Tons, Frequenz, Lautstärke und Klangfarbe, völlig frei einstellen ließen.

Beim Amiga hat man versucht, sich diesem Ziel möglichst weit zu nähern. Um nicht an vorgegebene Wellenformen gebunden zu sein, wird das digitale Äquivalent der gewünschten Wellenform im Speicher abgelegt und dann mittels eines Digital/Analog-Wandlers in die entsprechende elektrische Schwingung umgewandelt. Anders ausgedrückt,

die Schwingung wird digitalisiert und im Computer gespeichert. Bei der Ausgabe werden die digitalisierten Daten wieder analogisiert und an den Verstärker ausgegeben.

In der Abbildung 1.5.8.1 sieht man unterschiedliche Wellenformen. Wenn diese in eine für den Computer verständliche Form umgewandelt werden sollen, muß ihr Verlauf durch Zahlen dargestellt werden.

Dazu teilt man eine Schwingung der gewünschten Wellenform in eine gerade Anzahl gleich großer Abschnitte ein. Man beginnt damit möglichst beim Nulldurchgang der Kurve. In jedem dieser Abschnitte überträgt man den zugehörigen Y-Wert in den Speicher. Man hat danach eine Zahlenfolge, deren Elemente quasi Momentaufnahmen der Schwingung zu bestimmten Zeitpunkten darstellen. Der englische Begriff für diese digitalisierten Werte lautet "sample", was auf deutsch soviel wie "Probe" heißt.

Bei der Ausgabe wandelt der Amiga die Zahlenwerte aus dem Speicher wieder in die entsprechenden Ausgangsspannungen um. Da die Schwingung bei der Digitalisierung aber nur in eine begrenzte Anzahl Samples zerlegt wurde, kann die Ausgangskurve auch nur mit dieser Anzahl rekonstruiert werden. Dadurch entsteht der treppenförmige Verlauf dieser Schwingung, den man in Abbildung 1.5.8.3 sehen kann.

Die Qualität der so reproduzierten Klänge im Vergleich zu ihren Ursprungsschwingungen ist im wesentlichen von zwei Größen abhängig:

Die eine ist die Auflösung der digitalisierten Signale. Damit ist der Wertebereich eines Samples gemeint. Beim Amiga beträgt er acht Bit, reicht also von -128 bis +127. Jeder Eingangswert kann einen von 256 Werten im Speicher annehmen. Da die Auflösung des analogen Eingangssignals theoretisch unendlich, die der einzelnen Samples aber begrenzt ist, entstehen hier Fehler. Man nennt sie Quantisierungs- oder Rundungsfehler. Denn wenn der Eingangswert irgendwo zwischen zwei Zahlen liegt, also nicht genau einer der 256 Digitalisierungsstufen entspricht, wird er auf- oder abgerundet. Der maximal mögliche Quantisierungsfehler beträgt 1/256 des digitalisierten Wertes (man sagt auch: der Fehler beträgt 1 LSB).

Mit dem Quantisierungsfehler ist das sog. Quantisierungsrauschen verbunden. Wie der Name schon sagt, äußert es sich als Rauschen, das mit der Größe des Quantisierungsfehlers zunimmt.

Ein Wertebereich von acht Bit erlaubt schon eine sehr gute Reproduktion der Ursprungsschwingung. Für Hifi-Qualität benötigt man aber eine höhere Auflösung. Ein CD-Plattenspieler arbeitet z.B. mit 16 Bit.

Der zweite Parameter für die Qualität digitalisierter Klänge ist die sogenannte Sampling-Rate. Damit ist die Anzahl der Samples pro Sekunde gemeint. Eine höhere Anzahl Samples bringt natürlich auch eine bessere Wiedergabe mit sich. Die Sampling-Rate läßt sich beim Amiga innerhalb gewisser Grenzen frei einstellen. Vorher muß man sich aber überlegen, wie viele Samples man pro digitalisierter Schwingung verwenden will. In unserem Beispiel in Abbildung 1.5.8.3 sind es 16 Werte. Zwischen der daraus resultierenden treppenförmigen Sinusschwingung und einem normalen Sinussignal kann man kaum mehr einen hörbaren Unterschied feststellen.

Die Ausgabe der digitalisierten Töne

Hat man die gewünschte Wellenform in die entsprechenden Zahlen umgewandelt und in den Speicher geschrieben, will man sie natürlich zum Erklingen bringen. Der Amiga besitzt vier Tonkanäle, die alle nach dem gleichen Prinzip arbeiten:

Eine digitalisierte Schwingung wird per DMA aus dem Speicher gelesen und mittels eines Digital/Analog-Wandlers ausgegeben. Dieser Vorgang wiederholt sich kontinuierlich, so daß aus der einzelnen Schwingung ein dauerhafter Ton wird. Die Kanäle 0 und 3 werden zum linken, 1 und 2 zum rechten Stereokanal zusammengefaßt.

Jeder Audiokanal besitzt einen zugehörigen DMA-Kanal. Da der DMA-Zugriff beim Amiga immer wortweise abläuft, faßt man zwei Samples zu einem Datenwort zusammen. Aus diesem Grund benötigt man immer eine gerade Anzahl Samples. Die obere Hälfte des Worts (Bits 8-15) wird immer vor der unteren (Bits 0-7) ausgegeben. Die Datenliste für unsere digitalisierte Sinusschwingung sieht dann im Speicher wie folgt aus, wobei "Start" die Anfangsadresse der Liste im Chip-RAM ist:

```
Start:
dc.b 0,49            ;1. Datenwort, Samples 1 und 2
dc.b 90,117          ;2. Datenwort, Samples 3 und 4
dc.b 127,117         ;3. Datenwort, Samples 5 und 6
dc.b 90,49           ;4. Datenwort, Samples 7 und 8
dc.b 0,-49           ;5. Datenwort, Samples 9 und 10
dc.b -90,-117        ;6. Datenwort, Samples 11 und 12
```

```
dc.b -127,-117          ;7. Datenwort, Samples 13 und 14
dc.b -90,-49            ;8. Datenwort, Samples 15 und 16
End:
```

Der Digital-/Analog-Wandler benötigt die Samples als vorzeichenbehaftete 8-Bit-Zahlen. Wie in der gesamten Digitaltechnik üblich, müssen sie in Form eines Zweierkomplements angegeben werden. Diese Umrechnung erledigt für uns der Assembler, so daß man die negativen Werte direkt in die Datenliste schreiben kann.

Jetzt muß man einen der vier Audiokanäle wählen, über den man den Ton ausgeben will. Danach wird der zugehörige Audio-DMA-Kanal initialisiert. Fünf Register pro Kanal legen die Betriebsparameter fest. Die ersten beiden bilden ein Adreßregisterpaar, wie man es schon von anderen DMA-Kanälen kennt. Sie heißen AUDxLCH und AUDxLCL, oder gemeinsam AUDxLC, wobei x der Nummer des DMA-Kanals entspricht:

Reg.	Name	Funktion
$0A0	AUD0LCH	Zeiger auf die Audiodaten Bits 16-18
$0A2	AUD0LCL	von Kanal 0 Bits 0-15
$0B0	AUD1LCH	Zeiger auf die Audiodaten Bits 16-18
$0B2	AUD1LCL	von Kanal 1 Bits 0-15
$0C0	AUD2LCH	Zeiger auf die Audiodaten Bits 16-18
$0C2	AUD2LCL	von Kanal 2 Bits 0-15
$0D0	AUD3LCH	Zeiger auf die Audiodaten Bits 16-18
$0D2	AUD3LCL	von Kanal 3 Bits 0-15

Die Initialisierung dieser Adreßzeiger kann wie üblich mit einem MOVE.L-Befehl erfolgen:

```
LEA $DFF000, A5              ;Basisadresse der Custom-Chips nach A5
MOVE.L #Start, AUD0LCH(A5)   ;"Start" in AUD0LC schreiben
```

Als nächstes muß man dem DMA-Controller die Länge der digitalisierten Schwingung mitteilen, d.h. aus wie vielen Samples sie besteht. Die entsprechenden Register sind die AUDxLEN-Register:

Reg.	Name	Funktion
$0A4	AUD0LEN	Anzahl der Audiodatenworte von Kanal 0
$0B4	AUD1LEN	Anzahl der Audiodatenworte von Kanal 1
$0C4	AUD2LEN	Anzahl der Audiodatenworte von Kanal 2
$0D4	AUD3LEN	Anzahl der Audiodatenworte von Kanal 3

Die Länge wird aber nicht in Bytes, sondern in Worten angegeben. Daher muß die Anzahl der Bytes noch durch 2 geteilt werden, bevor man sie in das AUDxLEN-Register schreibt.

Die Initialisierung des AUDxLEN-Registers kann mit folgendem MOVE-Befehl erfolgen. Um das Abzählen der Worte zu sparen, wurden zwei Labels definiert: "Start" ist die Anfangsadresse der Datenliste, "End" die Endadresse+1 (siehe Beispieldatenliste oben). In A5 befindet sich die Basisadresse der Custom-Chips ($DFF000):

```
MOVE.W #(End-Start)/2, AUDOLEN(A5)
```

Jetzt kommt die Lautstärke des Tons. Beim Amiga kann man die Lautstärke für jeden Kanal getrennt einstellen. Dabei stehen 65 Stufen zur Verfügung. Von 0 (unhörbar) bis zu 64 (volle Lautstärke) reicht der Einstellbereich. Die entsprechenden Register heißen AUDxVOL:

Reg.	Name	Funktion
$0A8	AUD0VOL	Lautstärke des Audiokanals 0
$0B8	AUD1VOL	Lautstärke des Audiokanals 1
$0C8	AUD2VOL	Lautstärke des Audiokanals 2
$0D8	AUD3VOL	Lautstärke des Audiokanals 3

Setzen wir unseren Tonkanal auf halbe Lautstärke:

```
MOVE.W #32, AUD0VOL(A5)
```

Der letzte Parameter, der noch fehlt, ist die Sampling-Rate. Sie bestimmt, in welchen Zeitabständen jeweils ein Daten-Byte, also ein Sample, an den Digital/Analog-Wandler ausgegeben wird. Die Sampling-Rate bestimmt damit die Frequenz des Tons. Wie ganz am Anfang erwähnt wurde, ist die Frequenz gleich der Anzahl der Schwingungen pro Sekunde. Eine Schwingung besteht aus einer frei wählbaren Anzahl Samples. In unserem Beispiel sind es 16. Wenn die Sampling-Rate die Anzahl der gelesenen Samples pro Sekunde darstellt, entspricht die Frequenz des Tons der Sampling-Rate dividiert durch die Anzahl der Samples pro Schwingung:

$$\text{Tonfrequenz} = \frac{\text{Sampling-Rate}}{\text{Samples pro Schwingung}}$$

Leider läßt sich die Sampling-Rate nicht direkt in Hertz angeben. Der DMA-Controller will statt dessen die Anzahl der Buszyklen wissen, die zwischen der Ausgabe zweier Samples liegen sollen. Ein Buszyklus dauert genau 279.365 Nanosekunden (Milliardstel Sekunden), in Sekunden ausgedrückt: $2.79365 * 10^{-7}$ oder ausgeschrieben: 0.000000279365 Sekunden.

Um von der Sampling-Rate zu der Anzahl der Buszyklen zu kommen, bildet man den Kehrwert der Sampling-Rate. Dadurch erhält man die Dauer eines Samples. Dividiert man diesen Wert dann durch die Dauer eines Buszyklus in Sekunden erhält man die Anzahl der Buszyklen zwischen zwei Samples, die sogenannte Sampleperiod:

$$\text{Sampleperiod} = \frac{1}{\text{Sampling-Rate} * 2.79365 * 10\text{-}7}$$

Nehmen wir einmal an, wir wollten unseren Beispielton mit einer Frequenz von 440 Hz spielen, also ein eingestrichenes "a". Die Sampling-Rate errechnet sich dann wie folgt:

Sampling-Rate = Frequenz * Samples pro Schwingung
Sampling-Rate = 440 Hz * 16 = 7040 Hz

Die notwendige Sampleperiod ist auch schnell da, wenn man die Werte in die zugehörige Gleichung einsetzt:

$$\text{Sampleperiod} = \frac{1}{7040 * 2.79365 * 10^{-7}} = 508.4583$$

Da man als Sampleperiod nur ganzzahlige Werte angeben kann, rundet man das Ergebnis auf 508 ab. Damit ist die Ausgangsfrequenz nicht mehr exakt 440 Hz, die Abweichung bleibt jedoch minimal: 0.4 Hz.

Die Sampleperiod kann theoretisch Werte zwischen 0 und 65535 annehmen. Der tatsächliche Bereich ist aber nach oben hin begrenzt. Wie man der Abbildung 1.5.3.2 im Kapitel "Grundlagen" entnehmen kann, besitzt jeder Audiokanal einen DMA-Slot pro Rasterzeile, d.h. in jeder Rasterzeile können ein Datenwort bzw. zwei Samples aus dem Speicher gelesen werden. Daher ist der kleinstmögliche Wert für die Sampleperiod gleich 124. Die Samplefrequenz beträgt dann 28867 Hz. Verkürzt man die Sampleperiod über 124 hinaus, kann es vorkommen, daß ein Datenwort zweimal ausgegeben wird, da das nächste nicht mehr rechtzeitig gelesen werden konnte.

Die Sampleperiod-Register heißen AUDxPER:

Reg.	Name	Funktion
$0A6	AUD0PER	Sampleperiod für Audiokanal 0
$0B6	AUD1PER	Sampleperiod für Audiokanal 1
$0C6	AUD2PER	Sampleperiod für Audiokanal 2
$0D6	AUD3PER	Sampleperiod für Audiokanal 3

MOVE.W #508,AUD0PER(A5) befördert die von uns errechnete Sampling-Rate in das AUD0PER-Register. Damit sind alle Register des Audiokanals Nummer 0 mit den richtigen Werten für unseren Ton versehen. Um ihn zum Erklingen zu bringen, muß man noch den DMA-Zugriff für den Audio-DMA-Kanal 0 einschalten. Vier Bit im DMACON-Register sind für die Audio-DMA-Kanäle zuständig:

DMACON-Bit-Nr.	Name	Audio-DMA-Kanal Nr.
3	AUD3EN	3
2	AUD2EN	2
1	AUD1EN	1
0	AUD0EN	0

Soll der Audio-DMA für Kanal 0 eingeschaltet werden, muß das AUD0EN-Bit auf 1 gesetzt werden. Sicherheitshalber sollte man auch das DMAEN-Bit mitsetzen (siehe Kapitel "Grundlagen"):

```
MOVE.W #$8201, DMACON(A5)    ;AUD0EN und DMAEN setzen
```

Jetzt beginnt der DMA-Controller, die Audiodaten aus dem Speicher zu holen und über den Digital/Analog-Wandler auszugeben. Der Ton ist im Lautsprecher zu hören. Will man ihn wieder abschalten, setzt man einfach AUD0EN = 0.

Immer wenn man AUDxEN auf 1 setzt, beginnt der DMA bei der Adresse in AUDxLC. Es gibt allerdings eine Ausnahme: War der DMA-Kanal an, also AUDxEN = 1, und man setzt das Bit nur kurz auf 0 und dann wieder auf 1, ohne daß der DMA-Kanal in der Zwischenzeit ein neues Datenwort gelesen hätte, fährt der DMA-Controller an der alten Adresse fort.

Audio-Interrupts

Der Audio-DMA beginnt immer mit dem Daten-Byte an der Adresse in AUDxLC. Sind soviel Datenworte aus dem Speicher geholt und ausgegeben worden, wie in AUDxLEN festgelegt, beginnt der DMA wieder bei der AUDxLC-Adresse. Im Gegensatz zu den Adreßregistern des Blitters oder der Bit-Planes wird der Inhalt des AUDxLC-Registers während des gesamten Audio-DMA nicht verändert. Es existiert vielmehr für jeden Audiokanal noch ein zusätzliches Adreßregister. Bevor der DMA-Controller das erste Daten-Byte aus dem Speicher holt, kopiert er den Wert des AUDxLC-Registers in dieses interne Adreßregister. Auch das AUDxLEN-Register überträgt er in einen internen Zähler. Ist dies geschehen, wird ein Interrupt ausgelöst. Wie man im Kapitel "Interrupts" nachlesen kann, existiert für jeden der

vier Audiokanäle ein eigenes Interrupt-Bit. Der Prozessor-Interrupt der Ebene 4 ist ausschließlich für diese Bits reserviert.

Während der DMA-Controller jetzt Datenwort um Datenwort aus dem Speicher holt, kann der Prozessor AUDxLC und AUDxLEN schon mit neuen Daten versorgen, da beide Register ja intern gespeichert sind. Erst wenn der Zähler, der am Anfang mit dem Wert von AUDxLEN initialisiert wurde, bei 0 ankommt, werden die Daten aus AUDxLC und AUDxLEN erneut gelesen. Der Prozessor hat dadurch genügend Zeit, die Werte der beiden Register, falls notwendig, zu ändern. Dadurch ist eine unterbrechungsfreie Tonausgabe möglich.

Nach jeder kompletten Schwingung wird also ein Interrupt ausgelöst. Bei hohen Tonfrequenzen treten dadurch sehr häufig Interrupts auf. Man sollte die Interrupt-Enable-Bits (INTEN) der Audio-Interrupts nur setzen, wenn man diese Interrupts auch wirklich benötigt. Der Prozessor kann sich sonst vor lauter Interrupt-Anforderungen kaum mehr retten.

Modulation von Lautstärke und Frequenz

Um bestimmte Klangeffekte zu erzeugen, besteht die Möglichkeit, Frequenz und/oder Lautstärke zu modulieren. Dabei arbeitet immer ein DMA-Kanal als Modulator, der die entsprechenden Parameter eines anderen Kanals verändert. Dies geschieht auf eine sehr einfache Weise: Der Modulationsoszillator holt wie üblich seine Daten aus dem Speicher. Aber statt sie an den Digital/Analog-Wandler auszugeben, schreibt er sie in das Lautstärke- oder Frequenzregister des Oszillators, den er modulieren soll (AUDxVOL oder AUDxLEN). Er kann auch beide Reigster gleichzeitig beeinflussen. In diesem Fall werden die Datenworte aus seiner Datenliste abwechselnd in das AUDxVOL- oder AUDxLEN-Register geschrieben. Die Datenworte haben das gleiche Format wie ihre Zielregister:

Volume:	Bits 7-15	Unbenutzt
	Bits 0-6	Lautstärkewert zwischen 0 und 64
Frequenz:	Bits 0-15	Sampleperiod

Folgende Tabelle zeigt die Verwendung der Datenworte des Modulationsoszillators für alle drei möglichen Fälle:

Datenwort Nr.	Oszillator moduliert: Frequenz	Lautstärke	Frequenz & Lautstärke
1	Period 1	Volume 1	Volume 1
2	Period 2	Volume 2	Period 1
3	Period 3	Volume 3	Volume 2
4	Period 4	Volume 4	Period 2

Um einen Audiokanal als Modulator zu aktivieren, muß man das/die entsprechenden Bits in dem Audio-Disk-Control-Register (ADKCON) setzen. Jeder Kanal kann nur seinen Nachfolger modulieren, d.h. Kanal 0 moduliert Kanal 1, 1 moduliert 2 und 2 moduliert 3. Auch Kanal 3 kann man als Modulator schalten, seine Datenworte werden aber nicht zur Modulation eines anderen Kanals verwendet und gehen verloren. Benutzt man einen Audio-Kanal als Modulator, wird sein Audioausgang abgeschaltet.

Das ADKCON-Register enthält, wie sein Name schon sagt, auch Steuer-Bits für den Disk-Controller, sie sind hier nicht aufgeführt und werden in dem entsprechenden Kapitel näher erklärt.

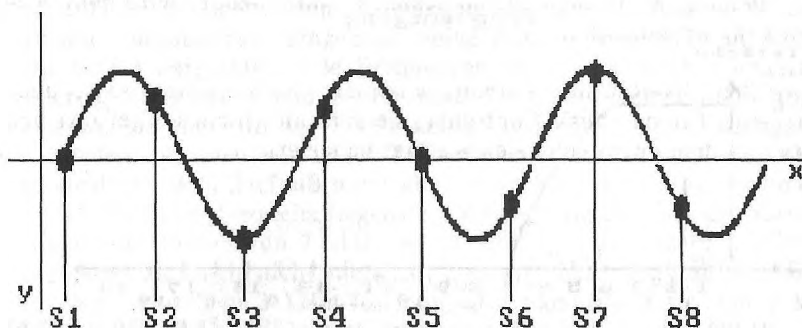
ADKCON-Register $09E (schreiben) $010 (lesen)

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	SET/CLR	Bits werden gesetzt (SET/CLR=1) oder gelöscht
14-8		Steuer-Bits des Disk-Controllers
7	USE3PN	Audiokanal 3 moduliert nichts
6	USE2P3	Audiokanal 2 moduliert Period von Kanal 3
5	USE1P2	Audiokanal 1 moduliert Period von Kanal 2
4	USE0P1	Audiokanal 0 moduliert Period von Kanal 1
3	USE3VN	Audiokanal 3 moduliert nichts
2	USE2V3	Audiokanal 2 moduliert Volume v. Kanal 3
1	USE1V2	Audiokanal 1 moduliert Volume v. Kanal 2
0	USE0V1	Audiokanal 0 moduliert Volume v. Kanal 1

Um es noch einmal zu wiederholen: Verwendet man einen Kanal zur Modulation, werden lediglich seine Datenworte in die entsprechenden Register des zu modulierenden Kanals geschrieben. Sonst arbeiten beide weiterhin völlig unabhängig voneinander.

Probleme der digitalen Tonerzeugung des Amiga

Digitalisierung mehrerer Schwingungen zur Verbesserung der Qualität hoher Töne



S = Sample

Abb. 1.5.8.4

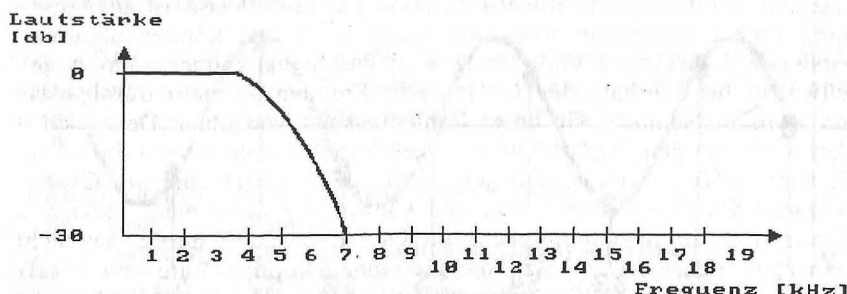
In unserem Beispiel hatten wir eine Schwingung mittels 16 Samples definiert. Die maximale Sampling-Rate ist 28867 Hz. Dies ergibt eine Höchstfrequenz von 28867 durch 16 = 1460.4 Hz. Das entspricht etwa einem dreigestrichenen Fis (1480 Hz).

Will man höher hinaus, muß man die Anzahl der Samples pro Schwingung verringern. Definieren wir unseren Sinus mit der halben Anzahl Samples, verdoppelt sich die Grenzfrequenz auf 3020.8 Hz. Acht Daten-Bytes sind aber etwas wenig für einen schönen Sinus. Für noch höhere Töne schrumpft die Anzahl der Samples weiter. Bei 6041.6 Hz sind es nur noch vier. Da lassen sich dann kaum mehr unterschiedliche Wellenformen darstellen.

Allerdings fällt das beim Hören kaum auf. Denn unserem Ohr geht es in dieser Beziehung genauso. Je höher die Frequenz, desto schwieriger wird es, verschiedene Klänge voneinander zu unterscheiden.

Trotzdem kann es die Klangqualität verbessern, wenn man bei hohen Frequenzen mehrere Schwingungen zur Definition der gewünschten Wellenform verwendet, wie es in Abbildung 1.5.8.4 zu sehen ist.

Der Tiefpaßfilter



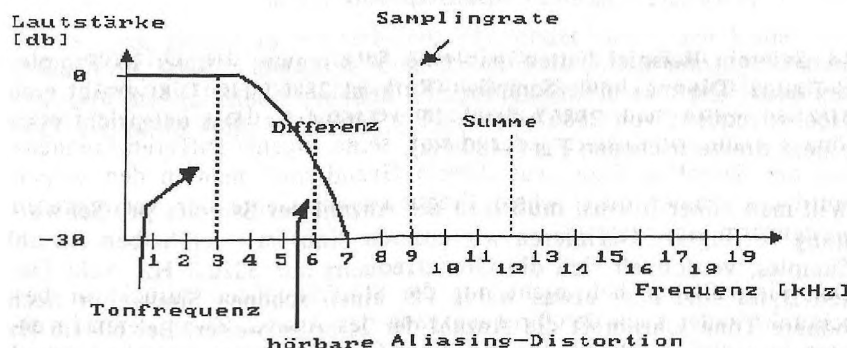


Abb. 1.5.8.5

Die Grenzfrequenz der Amiga-Tonausgabe wird aber noch von einem anderen Umstand eingeschränkt. Beim Analogisieren der digitalen Klangdaten entstehen nämlich zwei unerwünschte Störfrequenzen durch Wechselwirkungen zwischen der Sampling-Rate und der gewünschten Tonfrequenz. Die eine davon ist die Summe und die andere die Differenz aus Sampling-Rate und Tonfrequenz. Dieses Phänomen trägt die Bezeichnung "Aliasing Distortion".

Bei einem Ton von beispielsweise 3 kHz und einer 12 kHz Sampling-Rate liegt die Differenz bei 9 und die Summe bei 15 kHz.

Um diese Störfrequenzen zu beseitigen, hat man einen sogenannten Tiefpaßfilter zwischen den Ausgängen der Digital/Analog-Wandler und den Audiobuchsen eingebaut. Seine Funktionsweise ist in Abbildung 1.5.8.5 dargestellt. Alle Frequenzen bis 4 kHz können ungestört passieren. Zwischen 4 und 7 kHz wird das Signal immer mehr abgeschwächt, bis oberhalb der 7 kHz keine Frequenzen mehr durchgelassen werden. Nehmen wir unser Zahlenbeispiel von oben: Der 3 kHz-Ton wird von dem Tiefpaß nicht abgeschwächt, aber sowohl Summen- als auch Differenzfrequenz liegen mit 9 bzw. 15 kHz über der Grenzfrequenz des Filters von 7 kHz und können ihn nicht mehr passieren. Damit sind sie auch nicht mehr im Lautsprecher zu hören. Versucht man aber, denselben 3 kHz Ton mit einer Sampling-Rate von 9 kHz auszugeben, ist die Differenzfrequenz 9 kHz - 3 kHz = 6 kHz und wird damit zwar vom Filter abgeschwächt, aber noch durchgelassen.

Will man sichergehen, daß die Differenzfrequenz oberhalb der Grenzfrequenz des Filters bleibt, muß man sich an folgende Regel halten:

```
Sampling-Rate > höchste Frequenzkomponente + 7 kHz
```

Es genügt nicht, wenn man dafür sorgt, daß die Differenz aus Samplingfrequenz und gewünschter Ausgangsfrequenz größer als 7 kHz ist. Wenn man eine Wellenform verwendet, die sehr viele Obertöne enthält, produziert jeder davon seine eigene Differenzfrequenz mit der Sampling-Rate. Aus diesem Grund muß man in den obigen Ausdruck immer die höchste Frequenzkomponente der verwendeten Wellenform einsetzen.

Der Tiefpaßfilter hält nicht nur die Störfrequenzen zurück, er beschränkt leider auch den Frequenzgang des Amiga. Zwar treten in einem Musikstück selten Töne mit einer Grundfrequenz zwischen 4 und 7 kHz auf, aber die Obertöne bestimmter Wellenformen liegen schon bei viel niedrigeren Grundfrequenzen innerhalb dieses Bereichs. Be-

sonders deutlich wirkt sich das auf eine Rechteckschwingung aus. In Abbildung 1.5.8.2 kann man sehen, daß ein Rechteck aus der Kombination mehrerer Sinuswellen entsteht, die zueinander in einem festen Frequenzverhältnis stehen. In der Abbildung setzte sich das Rechteck lediglich aus den drei ersten Teiltönen zusammen. Ein tatsächliches Rechteck besteht dagegen aus unendlich vielen Teiltönen. Werden die hochfrequenten Obertöne durch den Filter abgeschnitten oder begrenzt, entsteht solch ein deformiertes Rechtecksignal wie in Abbildung 1.5.8.2. Im Extremfall, wenn die Grundfrequenz des Rechtecks der Grenzfrequenz des Filters nahekommt, kann es passieren, daß nur noch der erste Teilton übrigbleibt. Dann ist aus dem ursprünglichen Rechteck ein Sinus geworden.

Lautstärkeverlauf eines Tones

Der Klang eines Instruments wird außer von der Wellenform auch noch von seinem Lautstärkeverlauf bestimmt. In Punkto Wellenformen ist der Amiga ja fast zu allem fähig. Wie sieht es nun mit der Programmierung eines bestimmten Lautstärkeverlaufs aus?

Den Lautstärkeverlauf eines Tons kann man in drei Abschnitte aufteilen: den Anschlag, die Haltephase und das Abklingen.

Sobald der Ton gespielt wird, beginnt die Anschlagphase. Sie bestimmt, wie schnell sich die Lautstärke von null auf den Haltewert einpendelt. Während der Haltephase erklingt der Ton dann mit dieser Lautstärke. Wenn der Ton beendet wird, geht die Haltephase in die Abklingphase über, in der die Lautstärke dann vom Haltewert wieder auf null zurückgeht.

Diesen Verlauf kann man in Form einer Kurve, der sogenannten Hüllkurve, in ein Achsenkreuz eintragen. Wie setzt man eine solche Hüllkurve auf den Amiga um?

Grundsätzlich gibt es drei Möglichkeiten:

Lautstärkemodulation

Man verwendet einen zweiten Tonkanal, um die Lautstärke des Tons zu modulieren. Z.B. Kanal 0 als Modulator von Kanal 1. Kanal 1 läßt man dabei ständig den gewünschten Ton ausgeben, seine Lautstärke setzt man aber auf null.

Die gewünschte Hüllkurve wird in zwei Abschnitte eingeteilt: Anschlagphase und Abklingphase. Ihr Verlauf wird digitalisiert (funktioniert genauso wie bei den Wellenformen) und in zwei Datenlisten im Speicher abgelegt. Soll der Ton gespielt werden, setzt man Kanal 0 auf die Adresse der Anschlagdaten und startet ihn. Da er die Lautstärke von Kanal 1 moduliert, folgt die Lautstärke des Tons genau der gewünschten Anschlagphase. Hat die Anschlagphase den Haltewert erreicht, ist die Datenliste von Kanal 0 abgearbeitet. Er erzeugt jetzt einen Interrupt und würde normalerweise die Datenliste noch einmal von vorne beginnen. Daher muß der Prozessor auf den Interrupt reagieren und mittels des AUD0EN-Bits im DMACON-Register Kanal 0 abschalten. Kanal 1 bleibt damit auf der gewünschten Haltelautstärke.

Soll der Ton wieder abgeschaltet werden, setzt man Kanal 0 auf die Abklingdaten und startet ihn erneut. Wieder wartet man auf den Interrupt, der anzeigt, daß die Abklingphase beendet ist, und schaltet Kanal 0 ab.

Die Register von Kanal 0 müssen bei diesem Vorgang wie folgt initialisiert werden:

USE0V1	Dieses Bit im ADKCON-Register setzt man auf 1, damit Kanal 0 die Lautstärke von Kanal 1 moduliert.
AUD0LC	Setzt man zuerst auf die Datenliste der Anschlag- und danach auf die der Abklingphase.
AUD0LEN	Enthält je nach der Adresse in AUD0LC einmal die Länge der Anschlag- und einmal die der Abklingdaten.
AUD0VOL	Hat keine Funktion, da der Audioausgang von Kanal 0 abgeschaltet ist.
AUD0PER	Der Inhalt des AUD0PER-Registers bestimmt die Geschwindigkeit, mit der die Daten für die Lautstärke aus dem Speicher geholt werden. Man kann damit die Dauer der Anschlag- bzw. Abklingphase einstellen.

Mittels dieser Methode läßt sich die gewünschte Hüllkurve perfekt nachbilden. Leider ist sie aber mit einem großen Nachteil verbunden: Man benötigt zwei Audiokanäle für einen Ton. Will man weiterhin vier verschiedene Tonkanäle benutzen können, muß man die zweite Methode anwenden:

Steuerung der Lautstärke mittels des Prozessors

Die gewünschte Hüllkurve wird genau wie oben in den Speicher übertragen. Allerdings verändert man die Lautstärke diesmal mit dem Prozessor. Dieser holt in regelmäßigen Zeitabschnitten den aktuellen Lautstärkewert aus dem Speicher und schreibt ihn in das Lautstärkeregister des entsprechenden Tonkanals. Man muß das entsprechende

Programm als Interrupt-Routine ablaufen lassen. Dies kann innerhalb des Vertical-Blanking-Interrupts geschehen, oder man verwendet einen der Timer-Interrupts von CIA-B.

Der Nachteil dieser Methode ist der Bedarf an Rechenzeit, da die Steuerung der Lautstärke diesmal nicht per DMA geschieht. Da sich dieser Bedarf allerdings in Grenzen hält, ist diese Methode für die meisten Anwendungsfälle am geeignetsten.

Einbau der Hüllkurve in die Schwingungsdaten
Diese Methode ist vor allem bei kurzen Klängen oder Geräuschimitationen vorteilhaft. Statt nur eine Schwingung der gewünschten Wellenform zu digitalisieren, schreibt man den gesamten Ablauf in den Speicher. Dieser kann entweder von einem Programm berechnet werden, oder man verwendet einen Audiodigitalisierer. Damit kann ein Gräusch mit Mikrofon und Analog/Digital-Wandler hardwaremäßig digitalisiert werden. Solche Geräte werden von verschiedenen Firmen für den Amiga angeboten. Hat man die Daten dann im Amiga, kann man sie in jeder Tonhöhe bzw. Geschwindigkeit abspielen. Auf diese Weise kann man auch komplexe Effekte wie Gelächter oder Schreie täuschend echt mit dem Amiga nachahmen.

Auch diese Methode hat ihre Nachteile: Entweder erfordert sie schwierige Berechnungen oder zusätzliche Hardware, um den kompletten Klang in digitalisierter Form im Speicher abzulegen. Außerdem ist der Speicherplatzbedarf sehr groß. Dauert der Klang z.B. 1 Sekunde bei einer Sampling-Rate von 20 kHz, fressen die Klangdaten 20 KByte Speicher!

Tips, Tricks und Sonstiges

Klangqualität
Der Wertebereich der digitalen Daten reicht von -128 bis 127. Diesen Bereich sollte man möglichst ganz ausnutzen. Es ist am besten, wenn die Amplitude der digitalisierten Schwingung gleich 256 ist. Die Klangqualität kann sonst hörbar abnehmen, da die Größe des Quantisierungsfehlers mit der Verringerung des Wertebereichs zunimmt und mit ihm auch das Quantisierungsrauschen, das sehr schnell störende Ausmaße erreicht.

Man sollte es aus diesen Gründen vermeiden, die Amplitude der digitalisierten Schwingung zur Steuerung der Lautstärke zu verwenden. Dafür besitzt jeder Kanal sein AUDxVOL-Register. Verringert man damit die Lautstärke, bleibt das Verhältnis zwischen gewünschtem Klang und Störgeräuschen voll erhalten und damit auch die hohe Klangqualität des Amiga.

Störungsfreie Übergänge beim Wechsel der Wellenform

Um Tonstörungen wie Knackser oder Lautstärkesprünge beim Wechsel der Wellenform zu vermeiden, muß man folgende Regeln beachten:

Jede Schwingung sollte immer von Nulldurchgang zu Nulldurchgang digitalisiert werden, d.h. man beginnt bei einem Schnittpunkt der Schwingung mit der X-Achse, die Daten in den Speicher zu übertragen. Hält man sich an diese Regel, ist sichergestellt, daß alle Wellenformen im Speicher mit demselben Wert beginnen und enden, nämlich null. Dann können beim Aneinanderreihen unterschiedlicher Schwingungen keine plötzlichen Pegelsprünge auftreten, die als Knackser zu hören wären.

Als zweites muß man darauf achten, daß die Gesamtlautstärke der beiden Schwingungen annähernd gleich ist. Damit ist der sogenannte Effektivwert der Schwingung gemeint. Der Effektivwert einer Schwingung ist gleich der Amplitude eines Rechtecksignals, dessen Fläche unter der Kurve genauso groß wie diejenige der Schwingung ist.

Dieser Effektivwert bestimmt die Lautstärke einer Schwingung. Nur beim Rechteck ist er gleich der Amplitude. Wechselt man von einer Wellenform auf eine mit einem höheren Effektivwert, klingt diese lauter als ihre Vorgängerin.

Der Effektivwert einer Schwingung läßt sich aus ihren digitalisierten Daten einfach berechnen:

Man addiert die Beträge sämtlicher Bytes und dividiert sie anschließend durch die Anzahl der Daten-Bytes.

Will man bei allen Wellenformen den vollen 8-Bit-Wertebereich der Digital-/Analog-Wandler ausnützen, können sich ihre Effektivwerte nicht immer entsprechen. Man muß bei einem Wechsel der Wellenform die Lautstärke im AUDxVOL-Register entsprechend anpassen.

Spielen von Noten

Normalerweise wird ein Musikstück in Form von Noten aufgeschrieben. Will man ein solches auf dem Amiga spielen, muß man die Notenwerte in die entsprechende Sampleperiod umwandeln. Um sich umständliche Rechnungen zu ersparen, verwendet man am besten eine Tabelle, die die Sampleperiod-Werte für sämtliche Halbtöne einer Oktave enthält:

Tabelle der Sampleperiod-Werte von Musiknoten:

Note	Frequenz [Hz]	Sampleperiod bei AUDxLEN = 16	
c	261.7	427	(262.0)
c#	277.2	404	(276.9)
d	293.7	381	(293.6)
d#	311.2	359	(311.6)
e	329.7	339	(330.0)
f	349.3	320	(349.6)
f#	370.0	302	(370.4)
g	392.0	285	(392.5)
g#	415.3	269	(415.8)
a	440.0	254	(440.4)
a#	466.2	240	(466.0)
h	493.9	226	(495.0)
c	523.3	214	(522.7)

Werte in Klammern stellen die tatsächliche Frequenz der entsprechenden Samplingperiod dar. Noch eine Anmerkung zur Berechnung obiger Werte. Die Frequenz eines Halbtons ist immer um den Faktor "zwölfte Wurzel aus 2" höher als die des Vorgängers. 440 (a) * $2^{(1/12)}$ = 466.2 (a#), 466.2 (a#) * $2^{(1/12)}$ = 493.9 (h) usw.

Eine Oktave entspricht immer einer Frequenzverdoppelung.

Will man jetzt eine Note aus einer Oktave spielen, die nicht in der Tabelle enthalten ist, gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Man ändert die Samplingperiod. Für jede Oktave nach oben muß man den Wert halbieren. Eine Oktave tiefer entspricht der doppelten Samplingperiod. Dies ist zwar einfach, man stößt aber schnell an gewisse Grenzen. Bei einem Datenfeld von 32 Byte (AUDxLEN = 16), wie in unserer Tabelle, ist die kleinstmögliche Samplingperiod (124) schon mit dem zweigestrichenen "a" erreicht. Man muß also die Datenliste verkleinern.

In diesem Fall bekommt man aber Probleme im Bereich der tiefen Töne, da die Störfrequenzen der Aliasing Distortion (siehe entsprechenden Abschnitt) hörbar werden.

Eine bessere Lösung stellt daher Verfahren Nr. 2 dar:

2. Man erstellt für jede Oktave eine eigene Datenliste. Der Samplingperiod-Wert bleibt dabei für jede Oktave konstant. Er dient nur zur Wahl des Halbtons. Soll ein Ton eine Oktave über demjenigen in der Tabelle liegen, verwendet man eine Datenliste, die nur noch halb so lang ist. Entsprechend eine doppelt so lange für die nächsttiefere Oktave.
   Der normale Tonumfang beträgt etwa 8 Oktaven, d.h. man benötigt acht Datenlisten pro Wellenform.

Als Ausgleich für den höheren Aufwand erhält man mit diesem Verfahren unabhängig von der Tonhöhe immer den optimalen Klang.

Erzeugen hoher Frequenzen

Die minimale Samplingperiod beträgt normalerweise 124. Der Grund dafür ist, das der Audio-DMA innerhalb einer noch kürzeren Samplingperiod nicht mehr in der Lage wäre, die Datenworte rechtzeitig zu lesen. Das alte Datenwort wird dann mehrfach ausgegeben. Diesen Effekt kann man sinnvoll nutzen. Da das gelesene Datenwort zwei Samples enthält, kann mit ihm ein Rechtecksignal von hoher Frequenz erzeugt werden. Bei einer Samplingperiod von 1 ergibt sich eine Samplingfrequenz von 3.58 MHz und eine Ausgangsfrequenz von 1.74 MHz! Um dieses hochfrequente Ausgangssignal auch nutzen zu können, muß man es vor dem Tiefpaßfilter abgreifen. Dazu kann man den AUDIN-Eingang (Pin 16) der seriellen Buchse (RS232) verwenden. Er ist direkt mit dem rechten Audioausgang von Paula verbunden (siehe Kapitel Schnittstellen).

Um solch hohe Frequenzen erzeugen zu können, muß AUDxVOL auf volle Lautstärke gesetzt werden (AUDxVOL = 64).

Spielen mehrstimmiger Musik

Da der Amiga vier unabhängige Audiokanäle besitzt, ist es problemlos möglich, vier verschiedene Töne gleichzeitig zu erzeugen. Damit kann man alle vierstimmigen Musikstücke direkt spielen.

Aber es geht noch mehr. Denn vier Audiokanäle heißt noch lange nicht, daß vier Stimmen das Maximum sind. Es wurde ja schon erwähnt, daß jede Wellenform in Wirklichkeit eine Kombination aus Sinussignalen darstellt. Genauso wie diese Obertöne zusammen die Wellenform ergeben, kann man durch Kombination mehrerer Wellenformen einen mehrstimmigen Klang erzeugen. Die Ausgangssignale der Audiokanäle 0 und 3 werden ja auch innerhalb von Paula zu einem Stereokanal zusammengemischt. Dabei werden die Wellenformen beider Kanäle zu einem einzigen, jetzt zweistimmigen Signal kombiniert.

Was mit den Analogsignalen elektronisch möglich ist, läßt sich aber auch mit den digitalen Daten rechnerisch erledigen! Man addiert die digitalen Daten zweier völlig verschiedener Wellenformen und gibt die neuen Daten wie üblich über den Audiokanal aus. Schon hat man zwei Stimmen pro Audiokanal. Auf diese Weise lassen sich theoretisch beliebig viele Stimmen über einen Tonkanal abspielen.

Praktisch ist diese Anzahl allerdings von der Rechengeschwindigkeit begrenzt, aber 16 Stimmen sind durchaus machbar!

Die Errechnung des Summensignals aus den Teilsignalen ist sehr einfach. Zu jedem Zeitpunkt werden die aktuellen Werte aller Töne aufaddiert und das Ergebnis durch ihre Anzahl dividiert. Auf ähnliche Weise entsteht auch ein Rechtecksignal, wenn man Sinussignale im richtigen Frequenzverhältnis addiert (Abbildung 1.5.8.2).

Audioausgabe ohne DMA

Wie bei allen DMA-Kanälen, existieren auch beim Audio-DMA Datenregister, in die der DMA-Kanal die Daten überträgt und die ebenso vom Prozessor beschrieben werden können:

Die Audiodatenregister

Reg.	Name	Funktion
$0AA	AUD0DAT	Diese vier Register enthalten immer das aktuelle
$0BA	AUD1DAT	Audiodatenwort, bestehend aus zwei Samples.
$0CA	AUD2DAT	Das Sample im oberen Byte (Bits 8-15)
$0DA	AUD3DAT	wird immer zuerst ausgegeben.

Um die Audiodatenregister mit dem Prozessor beschreiben zu können, schaltet man den DMA mit AUDxEN = 0 ab. Dadurch ändert sich auch die Erzeugung der Audio-Interrupts. Sie treten jetzt immer nach der Ausgabe der beiden Samples im AUDxDAT-Register auf, statt wie früher zum Beginn jeder Audiodatenliste.

Lädt man nicht rechtzeitig ein neues Datenwort in AUDxDAT, werden die beiden letzten Samples entgegen dem DMA-Betrieb nicht wiederholt, sondern der Ausgang bleibt auf dem Wert des letzten Daten-Bytes (der unteren Hälfte des Worts in AUDxDAT) stehen.

Die direkte Programmierung der Audiodatenregister kostet sehr viel Rechenzeit. Außer in Spezialfällen sollte man lieber den Audio-DMA verwenden.

Ein paar Fakten

AUDxVOL-Werte in Dezibel (0 dB = volle Lautstärke):

AUDxVOL	dB	AUDxVOL	dB	AUDxVOL	dB	AUDxVOL	dB
64	0.0	48	-2.5	32	-6.0	16	-12.0
63	-0.1	47	-2.7	31	-6.3	15	-12.6
62	-0.3	46	-2.9	30	-6.6	14	-13.2
61	-0.4	45	-3.1	29	-6.9	13	-13.8
60	-0.6	44	-3.3	28	-7.2	12	-14.5
59	-0.7	43	-3.5	27	-7.5	11	-15.3
58	-0.9	42	-3.7	26	-7.8	10	-16.1
57	-1.0	41	-3.9	25	-8.2	9	-17.0
56	-1.2	40	-4.1	24	-8.5	8	-18.1
55	-1.3	39	-4.3	23	-8.9	7	-19.2
54	-1.5	38	-4.5	22	-9.3	6	-20.6
53	-1.6	37	-4.8	21	-9.7	5	-22.1
52	-1.8	36	-5.0	20	-10.1	4	-24.1
51	-2.0	35	-5.2	19	-10.5	3	-26.6
50	-2.1	34	-5.5	18	-11.0	2	-30.1
49	-2.3	33	-5.8	17	-11.5	1	-36.1

AUDxVOL = 0 entspricht einem dB-Wert von minus unendlich. Wenn AUDxVOL = 64 ist, dann entspricht ein digitaler Wert von 127 einer Ausgangsspannung von etwa 400 Millivolt, -128 entsprechen -400 Millivolt. Eine Änderung um 1 LSB bewirkt eine Schwankung der Ausgangsspannung von ca. 3 Millivolt.

Beispielprogramme

Programm 1: Erzeugen eines einfachen Sinustons

Dieses Programm erzeugt einen Sinuston mit einer Frequenz von 440 Hz. Dabei wird die gleiche Sample-Tabelle wie im Text benutzt. Der größte Teil des Programms dient wieder der Anforderung von Chip-RAM für die Audiodatenliste.

Der Ton wird über Kanal 0 ausgegeben, bis die Maustaste gedrückt wird. Danach gibt das Programm den belegten Speicher zurück.

```
;*** Erzeugen eines einfachen Sinustons ***

;Custom-Chip-Register

INTENA = $9A ;Interrupt-Enable-Register (schreiben)
DMACON = $96 ;DMA-Kontrollregister (schreiben)

;Audio-Register

AUD0LC  = $A0                  ;Adresse der Audiodatenliste
AUD0LEN = $A4                  ;Länge der Audiodatenliste
AUD0PER = $A6                  ;Samplingperiode
AUD0VOL = $A8                  ;Lautstärke

ADKCON  = $9E                  ;Steuerregister für Modulation

;CIA-A Portregister A (Maustaste)

CIAAPRA = $bfe001

;Exec Library Base Offsets

AllocMem = -30-168             ;ByteSize,Requirements/d0,d1
FreeMem  = -30-180             ;MemoryBlock,ByteSize/a1,d0

;Sonstige Label

Execbase = 4
chip     = 2                   ;Chip-RAM anfordern

;*** Vorprogramm ***
start:

;Speicher für Audiodatenliste anfordern

move.l Execbase,a6
moveq  #ALsize,d0              ;Größe der Audiodatenliste
moveq  #chip,d1
jsr    AllocMem(a6)            ;Speicher anfordern
beq    Ende                    ;Fehler -> Programm beenden

;Audiodatenliste ins Chip-RAM kopieren

move.l d0,a0                   ;Adresse im Chip-RAM
move.l #ALstart,a1             ;Adresse im Programm
moveq  #ALsize-1,d1            ;Schleifenzähler

Loop: move.b (a1)+,(a0)+       ;Datenliste ins Chip-RAM
dbf   d1,Loop

;*** Hauptprogramm

;Audioregister initialisieren
```

```
lea       $DFF000,a5
move.w #$000f,dmacon(a5)          ;Audio-DMA aus
move.l d0,aud0lc(a5)              ;Adresse der Datenliste setzen
move.w #ALsize/2,aud0len(a5)      ;Länge in Worten
move.w #32,aud0vol(a5)            ;Halbe Lautstärke
move.w #508,aud0per(a5)           ;Frequenz: 440 Hz

move.w #$00ff,adkcon(a5)          ;Modulation ausschalten

;Audio-DMA einschalten

move.w #$8201,dmacon(a5)          ;Kanal 0 an

;Auf Maustaste warten

wait:  btst #6,ciaapra
bne    wait

;Audio-DMA ausschalten

move.w #$0001,dmacon(a5)          ;Kanal 0 aus

*** Nachprogramm ***

move.l d0,a1                      ;Adresse der Datenliste
moveq  #ALsize,d0                 ;Länge
jsr    FreeMem(a6)                ;Belegten Speicher freigeben

Ende:  clr.l d0
rts

;Audiodatenliste

ALstart:
dc.b 0,49
dc.b 90,117
dc.b 127,117
dc.b 90,49
dc.b 0,-49
dc.b -90,-117
dc.b -127,-117
dc.b -90,-49
ALend:
ALsize = ALend - ALstart          ;Länge der Audiodatenliste

;Programmende
```

Programm 2: Sinuston mit Vibrato

Dieses Programm stellt eine Erweiterung des vorangegangenen dar. Es wird der gleiche Sinuston ausgegeben, diesmal allerdings über Kanal 1. Kanal 0 moduliert die Frequenz von Kanal 1 und erzeugt so ein Vibrato. Die Daten für das Vibrato stellen eine digitalisierte Sinusschwingung dar, deren Nullpunkt den Wert der Samplingperiod eines eingestrichenen "a", also 508, hat.

```
;*** Erzeugen eines Vibratos ***

;Custom-Chip-Register

INTENA  = $9A                 ;Interrupt-Enable-Register (schreiben)
DMACON  = $96                 ;DMA-Kontrollregister (schreiben)

;Audio-Register

AUD0LC  = $A0                 ;Adresse der Audiodatenliste
AUD0LEN = $A4                 ;Länge der Audiodatenliste
AUD0PER = $A6                 ;Samplingperiode
AUD0VOL = $A8                 ;Lautstärke

AUD1LC  = $B0
AUD1LEN = $B4
AUD1PER = $B6
AUD1VOL = $B8

ADKCON  = $9E                 ;Steuerregister für Modulation

;CIA-A Portregister A (Maustaste)

CIAAPRA = $bfe001

;Exec Library Base Offsets

AllocMem = -30-168            ;ByteSize,Requirements/d0,d1
FreeMem  = -30-180            ;MemoryBlock,ByteSize/a1,d0

;Sonstige Label

Execbase = 4
chip     = 2                  ;Chip-RAM anfordern

;*** Vorprogramm ***
start:

;Speicher für Datenlisten anfordern

move.l Execbase,a6
move.l #Size,d0               ;Länge beider Listen
moveq  #chip,d1
jsr    AllocMem(a6)           ;Speicher anfordern
beq    Ende

;Audiodatenliste ins Chip-RAM kopieren

move.l d0,a0                  ;Adresse im Chip-RAM
move.l #ALstart,a1            ;Adresse im Programm
move.w #Size-1,d1             ;Schleifenzähler

Loop: move.b (a1)+,(a0)+      ;Listen ins Chip-RAM
dbf   d1,Loop

;*** Hauptprogramm
```

```
;Audioregister initialisieren

move.l d0,d1                   ;Adresse der Audiodatenliste
add.l  #ALsize,d1              ;Adresse der Vibratotabelle
lea    $DFF000,a5
move.w #$000f,dmacon(a5)       ;Audio-DMA aus
move.l d1,aud0lc(a5)           ;Auf Vibratotabelle setzen
move.w #Vibsize/2,aud0len(a5)  ;Länge der Vibratotabelle
move.w #8961,aud0per(a5)       ;Vibratofrequenz

move.l d0,aud1lc(a5)           ;Kanal 1 auf Audiodatenliste
move.w #ALsize/2,aud1len(a5)   ;Länge der Audiodatenliste
move.w #32,aud1vol(a5)         ;Halbe Lautstärke

move.w #$00FF,adkcon(a5)       ;Sonstige Modulation aus
move.w #$8010,adkcon(a5)       ;Kanal 0 moduliert Periode
;von Kanal 1
;Audio-DMA einschalten

move.w #$8203,dmacon(a5)       ;Kanäle 0 und 1 an

;Auf Maustaste warten

wait: btst #6,ciaapra
bne   wait

;Audio-DMA ausschalten

move.w #$0003,dmacon(a5)       ;Kanäle 0 und 1 aus

*** Nachprogramm ***

move.l d0,a1                   ;Adresse der Listen
move.l #Size,d0                ;Länge
jsr    FreeMem(a6)             ;Speicher freigeben

Ende: clr.l d0
rts

;Audiodatenliste

ALstart:
dc.b 0,49
dc.b 90,117
dc.b 127,117
dc.b 90,49
dc.b 0,-49
dc.b -90,-117
dc.b -127,-117
dc.b -90,-49
ALend:
ALsize = ALend - ALstart       ;Länge der Audiodatenliste

;Vibratotabelle

Vibstart:
dc.w 508,513,518,522,524,525,524,522,518,513
dc.w 508,503,498,494,492,491,492,494,498,503
```

```
Vibend:
Vibsize = Vibend - Vibstart   ;Länge der Vibratotabelle
Size    = ALsize + Vibsize    ;Gesamtlänge beider Listen

;Programmende
```

1.5.9 Maus, Joystick und Paddles

Maus, Joystick und Paddles, all dies kann man an den Amiga anschließen. Gehen wir sie der Reihe nach durch, zusammen mit den zugehörigen Registern. Die Belegung der Game-Ports, an die all diese Eingabegeräte angeschlossen werden, kann man im Schnittstellenkapitel nachlesen. Beginnen wir mit der Maus:

Die Maus

Die Maus ist das meistgebrauchte Eingabegerät. Erst durch sie wird der Amiga so richtig schön. Aber wie funktioniert es, daß der Pfeil immer den Bewegungen der Maus folgt?

Dreht man die Maus um, erkennt man eine gummibeschichtete Stahlkugel, die sich beim Schieben der Maus entsprechend dreht. Diese Drehungen der Rollkugel werden auf zwei Achsen übertragen, die im rechten Winkel zueinander stehen. Damit sind sie so angeordnet, daß sich die eine bei Bewegungen entlang der X-Achse und die andere bei solchen in Richtung der Y-Achse dreht. Verschiebt man die Maus in diagonaler Richtung, drehen sich beide Achsen entsprechend der X- und Y-Komponenten der Mausbewegung.

Leider helfen drehende Achsen dem Amiga wenig, wenn er die Mausposition bestimmen will. Eine Umwandlung der mechanischen Bewegung in elektrische Signale ist notwendig.

Dazu ist am Ende jeder Achse eine Lochscheibe angebracht. Beim Drehen unterbricht sie immer wieder den Strahl einer Lichtschranke. Das dabei entstehende Signal wird verstärkt und über das Mauskabel zum Computer geleitet.

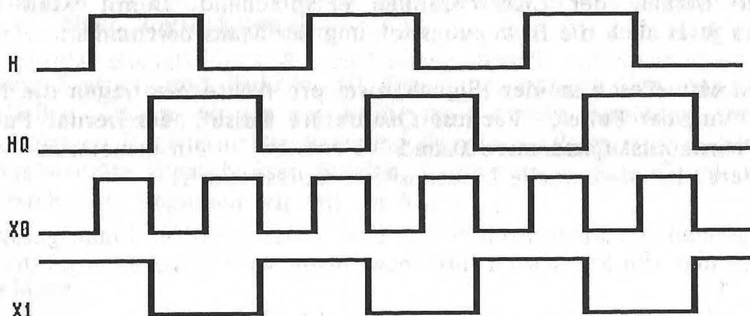
Jetzt ist der Amiga in der Lage festzustellen, ob und mit welcher Geschwindigkeit die Maus bewegt wird. Aber er weiß noch nicht, in welche Richtung, d.h. ob nach rechts oder links, hinten oder vorne.

Ein kleiner Trick löst dieses Problem. An jeder Lochscheibe werden zwei Lichtschranken angebracht, die gegeneinander um ein halbes Loch versetzt sind. Dreht sich die Scheibe in eine bestimmte Richtung, wird die eine Lichtschranke immer vor der anderen unterbrochen. Kehrt man die Bewegungsrichtung um, ändert sich auch die Lage der beiden Signale der Lichtschranken entsprechend. Damit kann der Amiga jetzt auch die Bewegungsrichtung der Maus bestimmen.

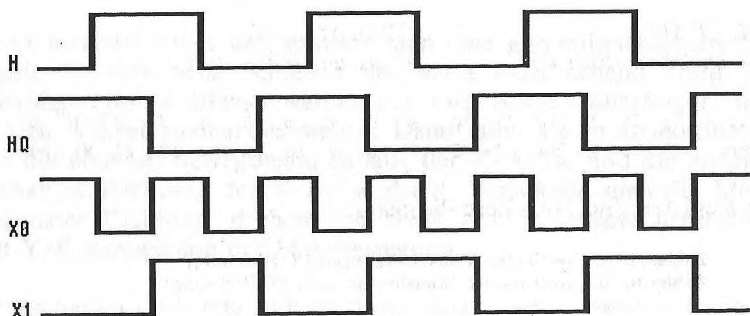
Die Maus liefert also vier Signale, zwei pro Achse. Sie tragen die Namen "Vertical Pulse", "Vertical Quadrature Pulse", "Horizontal Pulse" und "Horizontal Quadrature Pulse".

Die Maussignale

1. Bewegung nach rechts (Aufwärtszählen)



2. Bewegung nach links (Abwärtszählen)



Wahrheitstabellen für X0 und X1

H	HQ	X0
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

HQ	X1
0	1
1	0

Abb. 1.5.9

Die Abbildung 1.5.9 zeigt die Phasenlage der horizontalen "Pulse" (H) und "Quadrature Pulse" Signale (Q), ist aber für die vertikalen ebenso gültig. Man erkennt deutlich, wie sich je nach Bewegungsrichtung H und HQ gegeneinander verschieben. Aus ihnen gewinnt der Amiga durch logische Verknüpfungen zwei neue Signale, X0 und X1. X1 ist das invertierte Abbild von HQ, und X0 entsteht durch ein exclusives Oder von H und HQ, d.h. X0 wird immer dann 1, wenn H und HQ auf unterschiedlichen Pegeln liegen (siehe Wahrheitstabelle Abbildung 1.5.9). Mit diesen beiden Signalen steuert der Amiga einen 6-Bit-Zähler an, der je nach Richtung durch X1 hinauf oder herunter gezählt wird. Zusammen mit X0 und X1 entsteht so ein gemeinsamer 8-Bit-Wert, der die aktuelle Mausposition repräsentiert.

Bewegt man die Maus nach rechts bzw. unten, wird er hinaufgezählt. Bewegt man die Maus nach links bzw. oben, wird er heruntergezählt.

Es existieren vier derartige Zähler innerhalb von Denise. Zwei pro Game-Port, denn es kann an jeden davon eine Maus angeschlossen werden. Sie heißen JOYDAT0 und JOYDAT1:

JOY0DAT $00A *JOY1DAT $00C*
(Maus an Game-Port 0) *(Maus an Game-Port 1)*

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	Y7	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1	X0

Beide Register sind Nur-Lese-Register.

Y0-7 **Zähler für die vertikalen Mausbewegungen (Y-Richtung)**
H0-7 **Zähler für die horizontalen Mausbewegungen (X-Richtung)**

Die Maus erzeugt zweihundert Zählimpulse pro Inch oder umgerechnet ca. 79 pro Zentimeter, d.h. die Grenze der Mauszähler ist schnell erreicht. 8 Bit ergeben einen Zählbereich von 0 bis 256. Man muß die Maus nur um knapp vier Zentimeter verschieben, um einen Zählerüberlauf hervorzurufen. Dieser kann sowohl beim Hinaufzählen (der Zähler springt von 255 auf 0) als auch beim Herunterzählen (Sprung von 0 auf 255) stattfinden. Aus diesem Grund muß man die Zählregister in bestimmten Abständen abfragen und dabei prüfen, ob ein Über- bzw. Unterlauf stattgefunden hat.

Das Betriebssystem erledigt dies gewöhnlich innerhalb des Vertical-Blanking-Interrupts. Man geht dabei davon aus, daß die Maus in der

Zeit zwischen zwei Abfragen nicht weiter als 127 Zählschritte bewegt wurde. Dann vergleicht man den neuen Zählerstand mit dem zuletzt gelesenen. Ist die Differenz größer 127, hatte der Zähler einen Überlauf, und die Maus wurde nach rechts bzw. unten bewegt. Ist er kleiner -127, lag ein Unterlauf vor, entsprechend einer Mausbewegung nach links bzw. oben.

Alter Zählerstand	Neuer Zählerstand	Tatsächliche Differenz	Mausbewegung	Unter-/ Überlauf
100	200	-100	+100	Nein
200	100	+100	-100	Nein
50	200	-150	-105	Unterlauf
200	50	+150	+105	Überlauf

Differenz = Alter Zählerstand - Neuer Zählerstand

Trat ein Unterlauf auf, errechnet sich die tatsächliche Mausbewegung wie folgt:

-255 - Differenz, oder in Zahlen: -255 - (50-200) = -105

Bei einem Überlauf gilt:

255 - Differenz, oder in Zahlen: 255 - (200-50) = +105

Eine positive Mausbewegung entspricht einer Verschiebung nach rechts bzw. oben, ein negativer Wert nach links bzw. unten.

Mauszähler lassen sich auch per Software setzen. Mit dem JOYTEST-Register kann man einen beliebigen Wert in die Zähler schreiben. JOYTEST wirkt immer auf beide Game-Ports gleichzeitig, d.h. sowohl die horizontalen als auch die vertikalen Zähler beider Mäuse werden mit demselben Wert initialisiert (JOY0DAT = JOY1DAT).

JOYTEST $036 (nur schreiben)

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	Y7	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	xx	xx	X7	X6	X5	X4	X3	X2	xx	xx

Wie man sieht, lassen sich nur die 6 Bits der Zähler beeinflussen. Dies ist logisch, wenn man sich daran erinnert, daß die unteren beiden Bits direkt aus den Maussignalen gewonnen werden, sich also nicht in einem internen Speicher befinden, den man verändern könnte.

Die Joysticks

Wenn man die Belegung der Game-Ports betrachtet, sieht man, daß die vier Richtungen der Joysticks die gleichen Leitungen wie die Mäuse belegen. Es ist daher naheliegend, daß sie auch mittels desselben Registers abgefragt werden. Tatsächlich werden die Joystick-Leitungen genauso wie die Maussignale bearbeitet, d.h. je zwei Leitungen werden zu den X0- und X1-Bits bzw. zu den Y0- und Y1-Bits kombiniert. Bei der Joystick-Abfrage muß man aus ihnen die Joystick-Stellung ermitteln:

Joystick nach rechts	X1 = 1	(Bit 1 JOYxDAT)
Joystick nach links	Y1 = 1	(Bit 9 JOYxDAT)
Joystick nach hinten	X0 EOR X1 = 1	(Bits 0 u. 1 JOYxDAT)
Joystick nach vorne	Y0 EOR Y1 = 1	(Bits 8 u. 9 JOYxDAT)

Um festzustellen, ob der Joystick nach vorne oder hinten gedrückt ist, muß man eine exklusive Oder-Verknüpfung aus X0 und X1 bzw. Y0 und Y1 bilden. Ist deren Ergebnis gleich eins, befindet sich der Joystick in der betreffenden Position. Folgendes Assemblerprogramm erledigt die Joystick-Abfrage für Game-Port 1:

```
TestJoystick:
MOVE.W $DFF00C, D0          ;JOY1DAT nach D0 übertragen
BTST #1, D0                 ;Bit-Nr.1 testen
BNE RECHTS                  ;Gesetzt? Wenn ja, Joystick rechts
BTST #9, D0                 ;Bit-Nr.9 testen
BNE LINKS                   ;Gesetzt? Wenn ja, Joystick links
MOVE.W D0,D1                ;Kopie von D0 nach D1
LSR.W #1,D1                 ;Y1 und X1 auf Position von Y0 und X0
EOR.W D0,D1                 ;exklusiv Oder: Y1 EOR Y0 und X1 EOR X0
BTST #0, D1                 ;Ergebnis von X1 EOR X0 testen
BNE HINTEN                  ;Gleich 1? Wenn ja, Joystick hinten
BTST #8, D1                 ;Ergebnis von Y1 EOR Y0 testen
BNE VORNE                   ;Gleich 1? Wenn ja, Joystick vorne
BRA MITTE                   ;Joystick ist in Mittelstellung
```

Die Exklusiv-Oder-Verknüpfung wird in diesem Programm folgendermaßen ausgeführt:

Eine Kopie des JOY1DAT-Registers wird nach D1 gebracht und dort um ein Bit nach rechts geschoben. Damit haben X1 in D1 und X0 in D0 die gleiche Bit-Position, ebenso Y1 und Y0. Ein EOR zwischen D0 und D1 verknüpft sowohl Y0 mit Y1 als auch X0 mit X1. Danach muß das Ergebnis in D1 nur noch mit den entsprechenden BTST-Befehlen überprüft werden.

Dieses Programm unterstützt keine diagonalen Joystick-Stellungen.

Die Paddles

Der Amiga besitzt pro Game-Port zwei Analogeingänge, an die man veränderliche Widerstände, sogenannte Potentiometer, anschließen kann. Diese haben in jeder Stellung einen bestimmten Widerstand, den die Hardware in Paula ermitteln kann. Ein Paddle enthält ein solches Potentiometer, das sich mit einem Drehknopf verstellen läßt. Auch Analog-Joysticks arbeiten auf diese Weise. Je ein Potentiometer für die X- und Y-Richtung gibt die genaue Joystick-Stellung wieder.

Zwei Register enthalten die vier 8-Bit-Werte der Analogeingänge, POT0DAT für Game-Port 0 und POT1DAT für Game-Port 1:

POT0DAT $012 POT1DAT $014

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	Y7	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1	X0

Beide Register sind Nur-Lese-Register.

Wie funktioniert die Widerstandsmessung? Da ein Computer nur digitale Signale verarbeiten kann, benötigt er eine spezielle Schaltung, wenn er Analogsignale verarbeiten soll. Beim Amiga funktioniert die Bestimmung der externen Widerstandswerte folgendermaßen:

Die Potentiometer sollten einen maximalen Widerstandswert von 470 Kilo-Ohm (±10%) haben. Es ist auf der einen Seite mit dem +5-Volt-Ausgang und auf der anderen mit einem der vier Paddle-Eingänge der Game-Ports verbunden. Diese führen intern zu den entsprechenden Eingängen von Paula und zu vier Kondensatoren, die zwischen Eingang und Masse geschaltet sind.

Mittels eines speziellen Start-Bits wird die Messung begonnen. Paula legt dann alle Paddle-Eingänge kurz auf Masse und entlädt dadurch die Kondensatoren. Außerdem löscht es die Zähler in den POTxDAT-Registern. Danach zählt es mit jeder Bildschirmzeile die Zähler um eins hinauf, während die Kondensatoren über die Widerstände langsam wieder aufgeladen werden. Überschreitet die Kondensatorspannung einen bestimmten Wert, wird der zugehörige Zähler gestoppt. Auf diese Weise entspricht der Zählerstand genau der Größe des eingestellten Widerstands. Kleine Widerstände ergeben niedrige Zählerstände, große entsprechend hohe.

Das Start-Bit befindet sich in dem POTGO-Register:

POTGO $034 (nur schreiben) POTGOR $016 (nur lesen)

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	OUTRY	Game-Port 1 POTY auf Ausgang umschalten
14	DATRY	Game-Port 1 POTY Daten-Bit
13	OUTRX	Game-Port 1 POTX auf Ausgang umschalten
12	DATRX	Game-Port 1 POTX Daten-Bit
11	OUTLY	Game-Port 0 POTY auf Ausgang umschalten
10	DATLY	Game-Port 0 POTY Daten-Bit
9	OUTLX	Game-Port 0 POTX auf Ausgang umschalten
8	DATLX	Game-Port 0 POTX Daten-Bit
7 - 1		Unbelegt
0	START	Kondensatoren entladen und Messung starten

Ein Schreibzugriff auf POTGO löscht beide POTxDAT-Register.

Normalerweise setzt man das START-Bit innerhalb der vertikalen Austastlücke auf 1. Während das Bild dargestellt wird, laden sich die Kondensatoren auf, erreichen den Sollwert und stoppen die Zähler. In der nächsten vertikalen Austastlücke kann man dann die gültigen Potentiometerstellungen in den POTxDAT-Registern lesen.

Die vier Analogeingänge lassen sich wahlweise auch als normale digitale Ein-/Ausgangsleitungen programmieren. Die entsprechenden Steuer- und Daten-Bits befinden sich zusammen mit dem START-Bit im POTGO-Register. Mittels der OUTxx-Bits (OUTxx = 1) kann man jede Leitung getrennt auf Ausgang umschalten. Dadurch wird sie von der Steuerschaltung der Kondensatoren getrennt, und der Wert im DATxx-Bit von POTGO wird über sie ausgegeben.

Beim Lesen des DATxx-Bits in POTGOR erhält man immer den aktuellen Zustand der betreffenden Leitung. Verwendet man die Analog-Ports als Ausgang, muß man folgendes beachten:

Da die vier Analog-Ports intern mit den Kondensatoren für die Widerstandsmessung verbunden sind (47 nF), kann es bis zu 300 Mikrosekunden dauern, bis die Leitung den gewünschten Pegel annimmt, da dazu jedesmal der zugehörige Kondensator umgeladen werden muß.

Die Knöpfe der Eingabegeräte

Jedes der drei oben erwähnten Eingabegeräte besitzt einen oder mehrere Knöpfe. Folgende Tabelle zeigt, welche Register den Status der Knöpfe von Maus, Paddles und Joystick enthalten:

Game-Port 0:

Linker Mausknopf	CIA-A, Parallel-Port A, Port-Bit 6
Rechter Mausknopf	POTGOR, DATLY
(Dritter Mausknopf	POTGOR, DATLX)
Joystick-Feuerknopf	CIA-A, Parallel-Port A, Port-Bit 6
Linker Paddle-Knopf	JOY0DAT, Bit 9 (1 = Knopf gedrückt)
Rechter Paddle-Knopf	JOY0DAT, Bit 1 (1 = Knopf gedrückt)

Game-Port 1:

Linker Mausknopf	CIA-A, Parallel-Port A, Port-Bit 7
Rechter Mausknopf	POTGOR, DATRY
(Dritter Mausknopf	POTGOR, DATRX)
Joystick-Feuerknopf	CIA-A, Parallel-Port A, Port-Bit 7
Linker Paddle-Knopf	JOY1DAT, Bit 9 (1 = Knopf gedrückt)
Rechter Paddle-Knopf	JOY1DAT, Bit 1 (1 = Knopf gedrückt)

Wenn nicht anders angegeben, sind die Bits Null-aktiv, d.h. 0 = Knopf gedrückt.

1.5.10 Die serielle Schnittstelle

Wie man im Kapitel 1.3.4 nachlesen konnte, besitzt der Amiga eine standardmäßige RS232-Schnittstelle. Die verschiedenen Leitungen dieser Buchse kann man in zwei Signalgruppen einteilen:

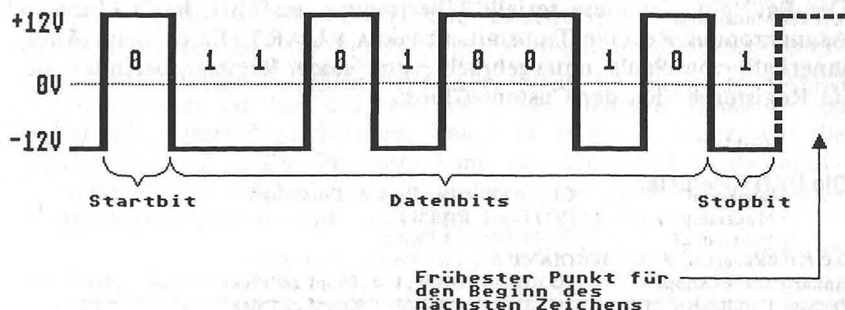
1. Die seriellen Datenleitungen.
2. Die Handshake-Leitungen.

Erst zu 2: Die RS232-Schnittstelle besitzt eine Vielzahl von Handshake-Leitungen. Meistens werden gar nicht alle davon gebraucht. Außerdem ist das Verhalten dieser Signale nicht bei jedem RS232-Gerät gleich. Ihre Funktionsweise und Programmierung beim Amiga wurden schon in 1.3.4 beschrieben.

Zu 1:

Über die beiden Datenleitungen läuft die gesamte Informationsübertragung. Die RXD-Leitung empfängt die Daten, und über TXD werden sie ausgegeben. Die RS232-Kommunikation kann daher in zwei Richtungen gleichzeitig ablaufen, wenn zwei Geräte über RXD und TXD miteinander verbunden sind. Man koppelt dabei RXD des einen Geräts mit TXD des anderen und umgekehrt.

Prinzip der seriellen RS232-Datenübertragung



Ablauf der seriellen Datenübertragung

Abb. 1.5.10

Da für die Datenübertragung pro Richtung nur eine einzige Leitung vorhanden ist, müssen die Datenworte in einen seriellen Datenstrom verwandelt werden, der dann Bit für Bit übertragen werden kann. Bei der RS232-Norm sind keinerlei Taktleitungen vorgesehen. Damit der Empfänger weiß, wann er das nächste Bit einlesen kann, muß die Zeit pro Bit konstant sein, d.h. die Geschwindigkeit, mit der die Daten ausgegeben und eingelesen werden, muß festgelegt werden. Dies geschieht durch die sogenannte Baudrate. Sie bestimmt die Anzahl der übertragenen Bits pro Sekunde. Gebräuchliche Baudraten sind beispielsweise 300, 1200, 2400, 4800 und 9600 Baud. Man muß sich aber nicht an diese Standardwerte halten, allerdings sollte bei "krummen" Baudraten beachtet werden, daß Sender und Empfänger auch wirklich übereinstimmen.

Damit die Übertragung klappt, muß der Empfänger noch wissen, wann ein Byte beginnt und endet. Die Abbildung 1.5.11 zeigt den zeitlichen Ablauf eines Bytes auf einer der Datenleitungen. Jedes Byte beginnt mit einem Start-Bit, das sich nicht von den normalen Daten-Bits unterscheidet, allerdings immer den Wert 0 hat. Darauf folgen die Daten-Bits in der Reihenfolge vom LSB zum MSB. Am Ende schließen sich noch ein oder zwei Stopp-Bits an, die den Wert 1 haben. Der Empfänger erkennt den Wechsel von einem Byte zum näch-

sten an dem Pegelwechsel von 1 auf 0, der bei der Aufeinanderfolge von Stopp-Bit und Start-Bit auftritt.

Der Baustein, der diese serielle Übertragung ausführt, heißt Universal Asynchronous Receive Transmit, abgekürzt UART. Er ist beim Amiga innerhalb von Paula untergebracht, und seine Register befinden sich im Registerbereich der Custom-Chips:

Die UART-Register

SERPER $032 (nur schreiben)

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	LONG	Länge der Empfangsdaten auf 9 Bit setzen
0 - 14	RATE	Diese 15-Bit-Zahl enthält die Baudrate.

SERDAT $030 (nur schreiben)

SERDAT enthält die Sendedaten.

SERDATR $018 (nur lesen)

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	OVRUN	Überlauf des Empfangsschieberegisters
14	RBF	Empfangsdatenpuffer voll
13	TBE	Sendedatenpuffer leer
12	TSRE	Sendeschieberegister leer
11	RXD	Entspricht dem Pegel der RXD-Leitung
10	---	Unbenutzt
9	STP	Stopp-Bit
8	STP o. DB8	Hängt von eingestellter Datenlänge ab
7	DB7	Empfangsdatenpuffer Daten-Bit-Nr. 7
6	DB6	Empfangsdatenpuffer Daten-Bit-Nr. 6
5	DB5	Empfangsdatenpuffer Daten-Bit-Nr. 5
4	DB4	Empfangsdatenpuffer Daten-Bit-Nr. 4
3	DB3	Empfangsdatenpuffer Daten-Bit-Nr. 3
2	DB2	Empfangsdatenpuffer Daten-Bit-Nr. 2
1	DB1	Empfangsdatenpuffer Daten-Bit-Nr. 1
0	DB0	Empfangsdatenpuffer Daten-Bit-Nr. 0

Ein Bit im ADKCON-Register gehört ebenfalls zur UART-Steuerung:

ADKCON $09E (schreiben) ADKCONR $010 (lesen)
Bit-Nr. 11: UARTBRK

Dieses Bit unterbricht die serielle Ausgabe und setzt TXD auf 0.

Ablauf der Datenübertragung beim Amiga-UART

Empfangen

Der Empfang der seriellen Daten läuft zweistufig ab. Die am RXD-Pin ankommenden Bits werden im Takt der Baudrate in ein Schieberegister übernommen und dort wieder zu einem parallelen Datenwort zusammengesetzt. Ist das Schieberegister voll, wird sein Inhalt in den Empfangsdatenpuffer geschrieben. Damit ist es sofort wieder für die nächsten Daten frei. Der Prozessor kann nur den Empfangsdatenpuffer, nicht aber das Schieberegister auslesen. Die entsprechenden Daten-Bits heißen DB0 bis DB7 oder DB8 im SERDATR-Register.

Der Amiga kann sowohl acht als auch neun Bit-Datenworte empfangen. Mittels des LONG-Bits im SERPER-Register läßt sich der UART auf 9 Daten-Bits umschalten. Man setzt dazu LONG = 1.

Die eingestellte Datenlänge bestimmt über das Format im SERDATR-Register. Bei 9 Bits enthält Bit 8 von SERDATR das 9. Daten-Bit, während sich das Stopp-Bit in Bit 9 befindet. Bei 8 Daten-Bits enthält schon Bit 8 das Stopp-Bit. Erst das zweite Stopp-Bit, wenn überhaupt vorhanden, landet in Bit 9.

Den Zustand des Empfangsschieberegisters und des Datenpuffers geben zwei Signal-Bits im SERDATR wieder:

RBF steht für Receive-Buffer-Full, d.h. sobald ein Datenwort aus dem Schieberegister in den Puffer übertragen wird, springt dieses Bit auf 1 und signalisiert damit dem Mikroprozessor, daß er die Daten aus SERDATR auslesen soll.

Dieses Bit existiert auch noch einmal in den Interrupt-Registern (RBF, INTREQ/INTEN Bit-Nr. 11). Nachdem der Prozessor die Daten gelesen hat, muß er RBF in INTREQ zurücksetzen. Es geht dann sowohl in INTREQR als auch in SERDATR wieder auf 0.

```
MOVE.W #$0800,$DFF000+INTREQ        ;Löscht RBF in INTREQ und SERDATR
```

Unterläßt man dies, und das Schieberegister hat ein weiteres komplettes Datenwort empfangen, setzt der UART das OVRUN-Bit. Dies signalisiert, daß jetzt keine weiteren Daten mehr angenommen werden können, da sowohl der Puffer (RBF = 1) als auch das Schieberegister (OVRUN = 1) voll sind. OVRUN geht auf 0, wenn RBF zurückgesetzt wird. RBF springt danach wieder auf 1, da der Inhalt des Schiebere-

gisters sofort nach DB0 bis DB8 übertragen wird, um das Schieberegister für neue Daten frei zu machen.

Senden

Auch der Sendevorgang läuft zweistufig ab. Der Sendedatenpuffer befindet sich in dem SERDAT-Register. Sobald man ein Datenwort dort hineinschreibt, wird es in das Ausgabeschieberegister übertragen. Dies signalisiert das TBE-Bit. TBE steht für Transmit-Buffer-Empty und zeigt an, daß SERDAT zur Aufnahme der nächsten Daten bereit ist. Auch TBE ist noch einmal in den Interrupt-Registern vorhanden (TBE, INTREQ/INTEN Bit-Nr. 0). Wie RBF muß auch TBF durch Löschen im INTREQ-Register zurückgesetzt werden.

Hat das Schieberegister das Datenwort ausgegeben, wird automatisch das nächste aus dem Sendedatenpuffer geholt. Ist dort nicht rechtzeitig ein neues hineingeschrieben worden, setzt der UART das TSRE-Bit (Transmit-Shift-Register-Empty = Sendeschieberegister leer) auf 1. Dieses Bit wird mit dem Löschen von TBE zurückgesetzt.

Die Länge des Datenworts und die Anzahl der Stopp-Bits werden durch das Format der Daten in SERDAT festgelegt. Man schreibt einfach das gewünschte Datenwort in die unteren 8 oder 9 Bits von SERDAT und setzt, je nach Anzahl der Stopp-Bits, ein oder zwei Einsen davor. Ein 8-Bit-Datenwort mit zwei Stopp-Bits sähe beispielsweise so aus:

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	0	0	0	0	0	1	1	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

D0 bis D7 sind die acht Daten-Bits.

Die beiden Einsen stehen für die gewünschten zwei Stopp-Bits. Bei einem 9-Bit-Datenwort mit einem Stopp-Bit müßte man folgende Daten in SERDAT schreiben:

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	0	0	0	0	0	1	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

Acht Bits plus ein Stopp-Bit:

Bit-Nr.:	15	14	13	12	11	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Funktion:	0	0	0	0	0	0	1	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

Das LONG-Bit im SERPER-Register hat nur auf die Länge der Empfangsdaten einen Einfluß. Das Format der Sendedaten wird allein von dem Wert im SERDAT-Register bestimmt.

Festlegen der Baudrate

Die Baudrate muß für Sende- und Empfangsdaten gemeinsam in die unteren 15 Bits des SERPER-Registers geschrieben werden. Leider kann die Baudrate nicht direkt eingestellt werden. Man muß die Anzahl der Buszyklen wählen, die zwischen zwei Bits liegen sollen (1 Buszyklus dauert $2.79365 * 10^{-7}$ Sekunden). Soll alle n Buszyklen ein Bit ausgegeben werden, so muß man den Wert n-1 in das SERPER-Register schreiben. Mit folgender Formel kann man aus der Baudrate den notwendigen SERPER-Wert berechnen:

$$\text{SERPER} = \frac{1}{\text{Baudrate} * 2.79365 * 10^{-7}} - 1$$

Z.B. für eine Baudrate von 4800 Baud:

SERPER = 1/(4800*2.79365*10-7)-1= 1/0.00134-1= 744.74

Der errechnete Wert wird gerundet und in SERPER geschrieben:

```
     MOVE.W #745,$DFF000+SERPER          ;SERPER setzen, LONG = 0
bzw. MOVE.W #$8000+745,$DFF000+SERPER    ;LONG = 1
```

1.5.11 Der Disk-Controller

Die Steuerung der Diskettenlaufwerke gliedert sich hardwaremäßig in zwei Teile. Als erstes gibt es die Steuerleitungen, die das gewünschte Laufwerk aktivieren, den Motor einschalten, den Schreib-/Lesekopf bewegen usw. Sie führen alle zu bestimmten Port-Leitungen der CIAs. Ihre Funktion und Verschaltung kann man im Kapitel 1.3.5 nachlesen.

Ausgenommen hiervon sind die Datenleitungen. Über sie laufen die Daten vom Schreib-/Lesekopf in den Amiga und beim Schreiben in umgekehrter Richtung vom Amiga auf die Diskette. Ein spezieller Baustein innerhalb von Paula, der Disk-Controller, übernimmt die Verarbeitung der Daten.

Er besitzt einen eigenen DMA-Kanal und schreibt oder liest selbständig die Daten auf bzw. von der Diskette.

Die Programmierung des Disk-DMA

Bevor man einen Disk-DMA startet, muß man sich vergewissern, daß der letzte schon beendet ist. Unterbricht man einen laufenden Schreibzugriff, kann man die Daten auf der entsprechenden Spur zerstören. Setzen wir also voraus, der letzte Disk-DMA sei abgeschlossen.

Als erstes muß die Speicheradresse des Datenpuffers festgelegt werden. Der Disk-DMA verwendet eines der üblichen Adreßregisterpaare als Zeiger auf das Chip-RAM. Sie heißen DSKPTH und DKSPTL:

$20 DSKPTH Zeiger auf Daten von/zur Diskette Bits 16-18.
$22 DSKPTL Zeiger auf Daten von/zur Diskette Bits 0-15.

Als nächstes muß das DSKLEN-Register initialisiert werden. Es ist wie folgt aufgebaut:

DSKLEN $024 (nur schreiben)

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	DMAEN	Disk-DMA einschalten
14	WRITE	Daten auf Diskette schreiben
0-13	LENGTH	Anzahl der zu übertragenden Datenworte

LENGTH Die unteren 14 Bits des DSKLEN-Registers enthalten die Anzahl der zu übertragenden Datenworte.

WRITE Mittels WRITE = 1 schaltet man den Disk-Controller von Lesen auf Schreiben um.

DMAEN Wenn man DMAEN auf 1 setzt, beginnt der Datentransfer. Allerdings muß man dabei einiges beachten:

1. Das Disk-DMA-Enable-Bit im DMACON-Register (DSKEN, Bit-Nr. 4) muß ebenfalls gesetzt sein.
2. Um ein versehentliches Auslösen eines Schreibzugriffs auf Diskette zu erschweren, muß man zweimal hintereinander das DMAEN-Bit setzen. Erst danach beginnt der Disk-DMA. Außerdem sollte das WRITE-Bit aus Sicherheitsgründen nur während eines Schreibzugriffs auf 1 sein. Eine ordentliche In-

itialisierungssequenz für einen Disk-DMA-Zugriff sieht wie folgt aus:

1. DSKLEN mit 0 beschreiben, dies schaltet DMAEN aus.
2. Falls DSKEN im DMACON-Register noch nicht gesetzt ist, sollte man das an dieser Stelle erledigen.
3. Die gewünschte Adresse nach DSKPTH und DSKPTL.
4. Den richtigen Wert für LENGTH und WRITE zusammen mit gesetztem DMAEN-Bit nach DSKLEN schreiben.
5. Den gleichen Wert noch einmal in DSKLEN schreiben
6. Warten, bis Disk-DMA beendet (s.u.).
7. Danach DSKLEN sicherheitshalber auf 0 zurücksetzen.

Damit der Prozessor weiß, wann der Disk-Controller die in LENGTH festgelegte Anzahl von Worten übertragen hat, gibt es den sogenannten DSKBLK-Interrupt (Disk Block Finished, Bit-Nr. 1 in INTREQ/INTEN). Er wird ausgelöst, nachdem das letzte Datenwort gelesen bzw. geschrieben wurde. Den aktuellen Status des Disk-Controllers kann man im DSKBYTR-Register auslesen:

DSKBYTR $01A (nur lesen)

Bit-Nr.	Name	Funktion
15	BYTEREADY	Dieses Bit signalisiert, daß das Daten-Byte in den unteren 8 Bits gültig ist.
14	DMAON	DMAON zeigt an, ob der Disk-DMA eingeschaltet ist. Damit DMAON = 1 ist, müssen sowohl DMAEN in DSKLEN und DSKEN in DMACON gesetzt sein.
13	DSKWRITE	Gibt den Zustand von WRITE in DSKLEN an.
12	WORDEQUAL	Diskdaten gleich DSKSYNC
11-8		Unbenutzt
7-0	DATA	Aktuelles Daten-Byte von Diskette

Mittels der 8 DATA-Bits und des BYTEREADY-Flags kann man die Daten von der Diskette statt per DMA mit dem Prozessor lesen. Jedesmal, wenn ein komplettes Daten-Byte empfangen wurde, setzt der Disk-Controller das BYTEREADY-Bit. Damit weiß der Prosessor, daß das Daten-Byte in den 8 DATA-Bits gültig ist. Nach dem Lesen des DSKBYTER-Registers wird BYTEREADY automatisch zurückgesetzt.

Manchmal kommt es vor, daß man nicht eine ganze Spur auf einmal in den Speicher lesen will. In diesem Fall besteht die Möglichkeit, den DMA-Transfer erst an einer ganz bestimmten Position zu starten. Dazu schreibt man das Datenwort, an dem der Disk-Controller beginnen soll, in das DSKSYNC-Register:

DSKSYNC $07E (nur schreiben)

DSKSYNC enthält das Datenwort, an dem die Übertragung beginnen soll. Der Disk-Controller fängt dann nach dem Einschalten des Disk-DMA wie gewöhnlich damit an, die Daten von der Diskette zu lesen, er schreibt sie aber noch nicht in den Speicher. Statt dessen vergleicht er sie ständig mit dem Datenwort in DSKSYNC. Erst wenn beide übereinstimmen, beginnt er mit der Datenübertragung, die dann genauso wie sonst auch abläuft. Damit kann man den Disk-Controller so programmieren, daß er die Synchronisationsmarkierung am Anfang eines Datenblocks abwartet.

Das WORDEQUAL-Bit im DSKBYTER-Register ist 1, sobald gelesene Daten und DSKSYNC übereinstimmen. Da diese Übereinstimmung immer nur zwei (bzw. 4) Mikrosekunden dauert, ist WORDEQUAL auch nur innerhalb dieser Zeitspanne gesetzt. Zusätzlich wird ein Interrupt erzeugt, wenn WORDEQUAL auf 1 geht:

Bit-Nr. 12 im INTREQ- bzw. INTEN-Register ist das DSKSYN-Interrupt-Bit. Es wird gesetzt, wenn die Daten von der Diskette mit DSKSYNC übereinstimmen.

Einstellen der Betriebsparameter

Die Daten können nicht in demselben Format auf die Diskette geschrieben werden, wie sie im Speicher stehen. Sie müssen speziell codiert werden. Normalerweise arbeitet der Amiga mit der sogenannten MFM-Codierung. Es ist aber auch möglich, die GCR-Codierung zu verwenden. Zwei Schritte sind zur Auswahl der Codierung notwendig:

1. Eine entsprechende Routine muß die Daten vor dem Schreiben auf die Diskette codieren und die gelesenen Daten decodieren.
2. Der Disk-Controller muß auf die entsprechende Codierung eingestellt werden. Das geschieht durch Bits im ADKCON-Register.

ADKCON $09E (schreiben) ADKCONR $010 (lesen)

Bit-Nr.	Name	Funktion		
15	SET/CLR	Bits setzen (SET/CLR=1) oder löschen		
14-13	PRECOMP	Diese Bits enthalten den Precomp-Wert:		
		Bit 14	Bit 13	PRECOMP-Zeit
		0	0	Null
		0	1	140 Nanosekunden
		1	0	280 Nanosekunden
		1	1	560 Nanosekunden

12	MFMPREC	0 = GCR, 1 = MFM
11	UARTBRK	Kein Bit des Disk-Controllers, siehe UART
10	WORDSYNC	WORDSYNC = 1 schaltet die oben beschriebene Synchronisation des Disk-Controllers nach dem Wort im DSK-SYNC-Register ein.
9	MSBSYNC	MSBSYNC = 1 schaltet auf GCR-Synchronisation
8	FAST	Taktrate des Disk-Controllers: FAST=1: 2 Mikrosekunden/Bit (MFM) FAST=0: 4 Mikrosekunden/Bit (GCR)
7-0	AUDIO	Diese Bits gehören nicht mehr zum Disk-Controller, siehe Kapitel 1.5.8.

Die Datenregister des Disk-Controllers

Wie üblich transportiert der DMA-Controller die Daten aus dem Speicher in die entsprechenden Datenregister. Der Disk-Controller besitzt ein Datenregister für die von Diskette gelesenen Daten und eines für die Daten, die auf die Diskette geschrieben werden sollen.

DSKDAT $026 (nur schreiben)
Enthält die Daten, die auf die Diskette geschrieben werden.

DSKDAT $008 (nur lesen)
Enthält die Daten von der Diskette. Dies ist ein sogenanntes Early-Read-Register und kann nicht vom Prozessor gelesen werden.

2. Exec

In diesem Kapitel wollen wir uns des Betriebssystems des Amiga annehmen, das dem erfolgreichen Programmierer oder dem, der es werden will, zumindest in groben Zügen bekannt sein muß.

2.1 Grundlagen des Betriebssystems

Das Betriebssystem des Amiga, das beim Amiga 1000 von der Kickstart-Diskette geladen werden muß, liegt im obersten Adressierungsbereich des Amiga und umfaßt 256 KB ($fC0000 - $FFFFFF). In diesem großen Speicherbereich finden eine gewaltige Anzahl Routinen Platz, die dem Programmierer seine Arbeit enorm erleichtern. Diese Routinen sind beim Amiga nach den verschiedenen Aufgaben sortiert. Man kann sich das System aus einer Anzahl einzelner gut aufeinander abgestimmter Module vorstellen, die sich die verschiedenen Aufgaben teilen. Die wichtigsten Teile sind: DOS (Ein-/Ausgabesteuerung), Grafik, Intuition (Ansammlung komplexer Routinen, die sich zum größten Teil auf die Window- und Screen-Verwaltung beziehen) und Exec.

Die Aufgabe von Exec ist es, das Multitasking zu verwalten und somit ein paralleles Arbeiten mehrerer Programme zu ermöglichen. Als weiteres stellt Exec die unterste Ebene zwischen Hardware und dem Programm dar. Anhand dieser Aufgaben ist schon zu sehen, daß Exec der wichtigste Teil des Amiga-Betriebssystems ist.

Jedes der Teilsysteme stellt eine Anzahl leistungsfähiger Routinen zur Verfügung, die vom Programmierer leicht genutzt werden können. Damit die Routinen besser aufzurufen sind, werden die - jeweils zu einem Betriebssystemteil gehörigen Routinen - in einer Jump-Tabelle zusammengefaßt. Wie sich diese Routinen aufrufen lassen, wird in Kapitel 2.3 erläutert.

Die Kommunikation zwischen Exec und der Hardware läuft nicht direkt ab, sondern wird letztendlich von einem Device-Handler (Gerätetreiber) erledigt. Sämtliche Routinen zum Ansprechen der Device-Handler werden von Exec zur Verfügung gestellt. Es ist natürlich auch möglich, die Hardware des Amiga ohne einen Device-Handler in Maschinensprache direkt anzusprechen, man würde damit jedoch auf die Multitasking-Fähigkeiten des Systems weitgehend verzichten müssen.

2.1.1 Einführung in die Programmierung des Amiga

Nachdem der Aufbau des Betriebssystems des Amiga grob erklärt wurde, wollen wir uns näher mit der eigentlichen Programmierung beschäftigen.

Ein Hinweis schon an dieser Stelle: Die Assembler-Listings aus dem Kickstart-Bereich beziehen sich meistens auf die Kickstart-Version 1.2, einige jedoch auf Kickstart-Version 1.3. Die hier abgedruckten Routinen haben sich von 1.2 zu 1.3 lediglich in der Adreßlage geändert. Die veränderten Adressen können wir ihnen jedoch nicht mitteilen, da zur Zeit noch keine endgültige Kickstart-Version 1.3 vorliegt.

2.1.2 Unterschiede bei C und Assembler

Daß Assembler um einiges schneller ist als C und deshalb für manche Probleme besser zu gebrauchen ist als C oder eine andere Hochsprache, dürfte jeder von Ihnen wissen. Was jedoch bei dem Gebrauch von Betriebssystem-Routinen oder -strukturen zu beachten ist, ist wahrscheinlich weniger bekannt.

Fangen wir beim Aufrufen von Routinen mit Übergabeparametern an. In C sieht dies folgendermaßen aus:

FindName

```
Eintrag = FindName (list,"name");
  D0                 A0    A1
```

Beschreibung

FindName ist eine Routine zum Auffinden eines Eintrags in einer Liste von Einträgen mit Hilfe des Namens des Eintrags. Die Parameter, die übergeben werden müssen, sind Zeiger auf den Anfang der verketteten Liste und den Namen des Eintrags, nach dem gesucht wird. Für Assembler-Programmierer stehen bei den von uns beschriebenen Routinen (Funktionen) die Register, in denen die Parameter übergeben werden müssen, wenn man die Funktion aufruft. Zurück erhält man den Zeiger auf den Eintrag, der in "Eintrag" gespeichert wird. Der Zeiger, den man von der Funktion zurück erhält, wird bei dieser und bei anderen Funktionsaufrufen in Register D0 übergeben.

In Assembler ist der Aufruf prinzipiell gleich. Der Routine müssen die Parameter nur in den entsprechenden Registern übergeben werden. Dies sieht dann wie folgt aus:

```
LEA.L  LIST,A0
LEA.L  NAME,A1
JSR    FINDNAME
MOVE.L D0,SPEICHER
.
.

NAME:
DC.B "NAME",0
```

Als erstes wird der Zeiger auf die Liste in A0 geschrieben. In A1 muß der Zeiger auf den Namen stehen, der gesucht werden soll. Der String muß mit Null abgeschlossen werden. Daraufhin wird die Routine aufgerufen und der Zeiger auf den gefundenen Eintrag in D0 übergeben, von wo aus er zwischengespeichert werden kann. Es ist üblich, daß die Rückmeldung in D0 erfolgt. Letztendlich wird der in C geschriebene Aufruf auch so übersetzt.

Soviel zum Aufrufen von Routinen. Als nächstes sehen wir uns an, wie C-Strukturen in Assembler aussehen.

```
struct Node {
   struct Node *ln_Succ;
   struct Node *ln_Pred;
   UBYTE        ln_Type;
   BYTE         ln_Pri;
   char        *ln_Name;
  };
```

Auf die Bedeutung der Struktur wollen wir an dieser Stelle noch nicht eingehen. Sie dient lediglich zur Demonstration der Unterschiede zwischen C und Assembler. Das Initialisieren der Struktur dürfte kein Problem darstellen.

Beispielsweise:

```
ln_Pri = 20;
```

Mit dieser Zuweisung wird der Wert 20 als ein 1-Byte-Wert mit Vorzeichen in der Struktur vermerkt.

In Assembler besteht eine solche C-Struktur aus einer Tabelle. Die Werte sind in gleicher Reihenfolge, die in der Struktur angegeben ist, in ihrer zugehörigen Länge abgelegt. Für eine solche Tabelle muß ihre

Basisadresse bekannt sein, damit man sie entsprechend ansprechen kann.

Für dieses Beispiel sieht das dann wie folgt aus:

```
Basis +  0  $00000000   Zeiger auf Nachfolger  ln_Succ
Basis +  4  $00000000   Zeiger auf Vorgänger   ln_Pred
Basis +  9  $00         ln_Pri
Basis + 10  $00000000   Zeiger auf Name  ln_Name
```

Die Nullen stehen für beliebige Werte. Um ln_Pri auf 20 zu setzen, wie wir es zuvor in C gemacht haben, muß die Basisadresse der Struktur bekannt sein. Ist dies der Fall, so steht dem Setzen des ln_Pri-Feldes nichts mehr im Wege.

```
LEA.L     Basis+9,A0    ;Adresse von ln_Pri holen (bez. Basis)
MOVE.B    #20,(A0)      ;Wert abspeichern
```

Sie sehen, daß auch das Ansprechen von Strukturen aus Assembler kein Problem bedeutet. Natürlich ist es nicht so bequem wie mit C. Assembler hat jedoch den Vorteil, daß es schneller als C ist und daß sich mit Assembler Hardware-orientierter arbeiten läßt.

Mit Assembler lassen sich manche Routinen ansprechen, die aus C nicht so einfach zu erreichen sind. Diese Routinen beziehen sich auf Teile im Betriebssystem, auf die der "normale" Programmierer keinen Einfluß zu haben braucht, aber für manche Tricks z.B. bei der Multitasking-Verwaltung zu gebrauchen sind.

2.2 Aufbau von Knoten (Nodes)

Als nächstes wollen wir auf die wichtigsten Grundstrukturen eingehen, deren Verständnis unumgänglich ist, wenn die folgenden Kapitel verstanden werden sollen.

Als erstes wird die Node-Struktur vorgestellt. Sie wird benutzt, um doppelt verkettete Listen herzustellen, die im Amiga sehr häufig zu finden sind. Diese Struktur ist wohl die am häufigsten benutzte Struktur im Amiga-Betriebssystem.

Sie hat folgendes Aussehen:

In C:

```
struct Node {
    struct Node *ln_Succ;
    struct Node *ln_Pred;
    UBYTE        ln_Type;
    BYTE         ln_Pri;
    char        *ln_Name;
};
```

In Assembler:

```
Basis +  0  $00000000  Zeiger auf Nachfolger ln_Succ
Basis +  4  $00000000  Zeiger auf Vorgänger  ln_Pred
Basis +  8  $00        ln_Type
Basis +  9  $00        ln_Pri
Basis + 10  $00000000  Zeiger auf Name  ln_Name
```

Diese Strukturen kann man in zwei Teile aufteilen. Zum einen besteht sie aus einem Verkettungsteil (ln_Succ und ln_Pred) und einem Datenteil (Type, Priority und Name).

**ln_Succ*
Dies ist ein Zeiger auf die nächste Node (Successor = Nachfolger).

**ln_Pred*
Das ist ein Zeiger auf die vorherige Node (Predecessor = Vorgänger).

ln_Type
In diesem Byte werden die verschiedenen Typen der Node entsprechend kodiert gespeichert.

ln_Pri
Hier wird die Priorität der Node vermerkt. Dieses Feld auf einen Wert ungleich null zu setzen, ist nur in manchen Fällen, wie zum Beispiel bei einer Task-Node, sinnvoll. Doch dazu kommen wir später.

**ln_Name*
In diesem Langwort wird ein Zeiger auf einen mit Null abgeschlossenen String gespeichert. Es ist der Name der Node, der möglichst so

gewählt werden sollte, daß man schon anhand des Namens erkennt, um welche Node es sich handelt, was die Fehlersuche vereinfacht.

Diese Node-Struktur gibt es auch in einer "abgespeckten" Version. Sie heißt MinNode und sieht wie folgt aus:

```
struct MinNode {
   struct MinNode *mln_Succ;      /* Zeiger auf Nachfolger */
   struct MinNode *mln_Pred;      /* Zeiger auf Vorgänger  */
};
```

Die Einträge der Struktur gleichen denen der Node-Struktur.

In Assembler:

```
Basis + 0  $00000000   Zeiger auf Nachfolger  ln_Succ
Basis + 4  $00000000   Zeiger auf Vorgänger   ln_Pred
```

Initialisieren einer Node

Bevor eine Node in eine Liste eingehängt wird, sollte sie ordentlich initialisiert sein. Zu diesem Zweck muß der Typ gesetzt werden. Hierbei hat man eine Auswahl zwischen mehreren standardisierten Typen, die folgend aufgeführt sind.

Node-Typ	Code	
NT_UNKNOWN	00	
NT_TASK	01	
NT_INTERRUPT	02	
NT_DEVICE	03	
NT_MSGPORT	04	
NT_MESSAGE	05	
NT_FREEMSG	06	
NT_REPLYMSG	07	
NT_RESOURCE	08	
NT_LIBRARY	09	
NT_MEMORY	10	
NT_SOFTINT	11	
NT_FONT	12	
NT_PROCESS	13	
NT_SEMAPHORE	14	
NT_SIGNALSEM	15	
NT_BOOTNODE	16	(Kick 1.3)

Den Node-Typ anzugeben ist somit sehr leicht. Man sucht sich den zu seiner Node passenden Typ aus der Tabelle und trägt ihn ein.

Nehmen wir einmal an, es soll die Node, die sich in einer TaskStruktur befindet, initialisiert werden. Um zu verstehen, wie diese Initialisierung dann aussieht, zeigen wir erst, wie eine TaskStruktur mit den für uns bis jetzt wichtigen Teilen aufgebaut ist.

```
struct Task {
 struct Node tc_Node;
 .
 .
 .
};
```

Die Initialisierung des Node-Type sieht in C also wie folgt aus:

```
struct Task meintask; /*  meintask ist der Name der  */
                      /*  zugewiesenen TaskStruktur  */
meintask.tc_Node.ln_Type = NT_TASK;
```

Im Anschluß die gleiche Initialisierung noch in Assembler.

```
LEA.L meintask,A0       ;Basisadresse des Tasks nach A0
MOVE.L     #01,8(A0)    ;Type = Task (Wert 01) setzen
```

Nachdem der Typ festgelegt wurde, wird die Priorität der Node im Vergleich zu den anderen Nods angegeben. Sie kann einen Wert zwischen -128 und +127 annehmen. Ein größerer positiver Wert steht für eine höhere Priorität, somit ist +127 die höchste und -128 die niedrigste Priorität.

Einige Exec-Listen werden nach der Höhe der Priorität der sich in ihr befindlichen Einträge geordnet, wobei der Eintrag mit der höchsten Priorität am Anfang steht. Die meisten Exec benutzen den ln_Pri-Eintrag nicht. Es ist sinnvoll, die Priorität solcher Listeneinträge (Nodes) auf Null zu setzen.

Das Setzen der Priorität geschieht wie folgt:

```
meintask.tc_Node.in_Pri = 5;
```

Und in Assembler:

```
LEA.L meintask,A0       ;Basisadresse des Tasks nach A0
MOVE.L     #05,9(A0)    ;Pri auf 5 setzen
```

Zum Schluß müssen wir nur noch den Namen der Node und somit auch des Tasks angeben.

In C:

```
meintask.tc_Node.in_Name = "Beispiel Task";
```

In Assembler:

```
LEA.L meintask,A0     ;Basisadresse des Tasks nach A0
LEA.L      Name,A1    ;Adresse, an der der Name steht, nach A1
MOVE.L  A1,10(A0)     ;Zeiger auf Namen eintragen

Name:
DC.B  "Beispiel Task",0
```

Der String muß, wie schon gesagt, mit Null abgeschlossen werden.

Anhand dieser Beispiele sehen Sie, daß Sie lediglich die Position des entsprechenden Eintrags wissen müssen, um die Struktur aus Assembler initialisieren zu können. Sie brauchen also einen sogenannten "Offset" (zu deutsch Ausgleich), von der Basisadresse ausgehend, um die richtige Position zu erreichen. Dieser Offset ist in unserem letzten Beispiel 10.

Das Initialisieren von ln_Succ und ln_Pred wird im nächsten Kapitel besprochen.

2.3 Aufbau von Listen

Was ist eigentlich eine Liste und was steht in ihr? Diese Fragen sollen jetzt beantwortet werden. Eine Liste ist eine Reihe von Node-Strukturen, die vor- und rückwärts miteinander verkettet sind (doppelt verkettet). Wie schon gesagt, steht an erster Stelle der Node-Struktur ein Zeiger (ln_Succ) auf die nächste Node. An zweiter Position ist ein Zeiger (ln_Pred) auf die vorausgegangene Node.

Um eine verkettete Liste besser verwalten zu können, hat man noch einen Listen-Kopf eingeführt, mit dem sich sofort der Anfang oder das Ende der verketteten Liste finden läßt. Abgesehen von der Information, wo der Anfang und das Ende der Liste zu finden ist, ist in der Struktur auch eingetragen, um welche Art von Einträgen es sich in der Liste handelt. Die List-Struktur hat folgendes Aussehen:

Die Zahlen vor den Strukturgliedern in der folgend aufgeführten List-Struktur sind deren Offsets, um so auch mit Assembler Zugriff auf sie zu haben. Die Offsets gehören nicht zur C Struktur, dürfen folglich

nicht mit eingegeben werden. Sie dienen nur als Gedankenstütze für Assembler-Programmierer.

```
     struct List {
 0      struct Node *lh_Head;
 4      struct Node *lh_Tail;
 8      struct Node *lh_TailPred;
12      UBYTE      lh_Type;
13      UBYTE      lh_pad;
     };
```

**lh_Head*
Zeiger auf den ersten Eintrag (erste Node) der Liste.

**lh_Tail*
Immer auf Null.

**lh_TailPred*
Zeiger auf den letzten gültigen Eintrag in der Liste.

lh_Type
Gibt an, welcher Sorte von Nodes in der Liste verkettet sind. lh_Type wird genau so gesetzt, wie der Typ der Nodes.

lh_pad
Pad-Byte, damit die Struktur an einer geraden Adresse endet.

Auch bei der List-Struktur gibt es eine verkleinerte Version:

```
    struct MinList {
        struct MinNode *mlh_Head;
        struct MinNode *mlh_Tail;
        struct MinNode *mlh_TailPred;
    };
```

**mlh_Head*
Zeiger auf den ersten Eintrag (erste Node) der Liste.

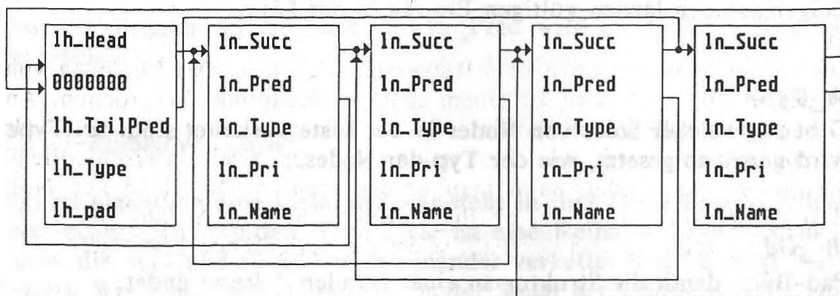
***mlh_Tail**
Immer auf Null.

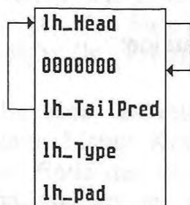
***mlh_TailPred**
Zeiger auf den letzten gültigen Eintrag in der Liste.

Der Zeiger ln_Succ des letzten Eintrags der Liste zeigt auf lh_Tail (zweiter Eintrag der List-Struktur). lh_Tail ist null (NIL) und zeigt dadurch an, daß die "vermeintlich" gelesene Node (es handelt sich jedoch in diesem Fall um die List-Struktur) nicht mehr gültig ist.

Der ln_Pred Zeiger der ersten Node zeigt auf lh_Succ (also auch auf die List-Struktur). Wird nun der "vermeintliche" ln_Pred Zeiger gelesen, so ist dieser null (es handelt sich ja hier um lh_Tail), was wiederum anzeigt, daß der zuvor gelesene Eintrag der Liste der erste dieser war.

Beispiel einer verketteten Liste





Beispiel einer leeren Liste

Bild 2.2

Initialisierung einer Liste

Nachdem wir uns angesehen haben, wie eine verkettete Liste aussieht, wollen wir sie jetzt erstellen. Zu diesem Zweck muß zuerst eine neue List-Struktur erzeugt werden und als leer gekennzeichnet werden. Das Initialisieren einer Task-Liste sieht in C wie folgt aus:

```
#include "exec/lists.h"
main ()
{
struct  List  liste;
liste.lh_Head = (struct Node *)&liste.lh_Tail;
liste.lh_Tail = 0;
liste.lh_TailPred = (struct Node *)&liste.lh_Head;
liste.lh_Type = NT_TASK;
}
```

In Assembler hätte es dieses Aussehen:

```
LEA.L    liste,A0
MOVE.L   A0,(A0)
ADDQ.L   #04,(A0)
CLR.L    #04(A0)
MOVE.L   A0,8(A0)
MOVE.B   #01,12(A0)
```

Die soeben erzeugte Liste ist selbstverständlich leer. Das Einfügen von Nodes in die Liste wird zu einem späteren Zeitpunkt besprochen. An dieser Stelle soll jedoch gezeigt werden, wie eine leere Liste auch als solche erkannt wird. Zur Feststellung gibt es zwei unterschiedliche Methoden. Zum einen kann man untersuchen, ob lh_Head auf Null (NIL) zeigt, zum anderen, ob lh_TailPred auf den Anfang der Liste (lh_Head) zeigt. Ist das der Fall, so ist die betreffende Liste leer.

Die Abfrage sieht in C wie folgt aus:

```
if (liste.lh_TailPred == &liste) {
    printf ("liste ist leer");
  }
```

oder die andere Möglichkeit:

```
if (liste.lh_Head -> ln_Succ == 0) {
    printf ("liste ist leer");
  }
```

Exec-Routine zur Listenverwaltung

Zur Verwaltung von Listen stellt Exec eine Reihe sehr nützlicher Funktionen zur Verfügung, mit denen sich nahezu alle sinnvollen Operationen bequem durchführen lassen.

Die erste Funktion ist die Insert()-Funktion. Sie dient zum Einfügen von Nodes in eine Liste mit Angabe der Position, an der die neue Node eingefügt werden soll.

Insert

```
Funktion:  Insert (Liste,Node,Vorgänger);
                   A0    A1   A2
Offset: -234
```

Beschreibung

Diese Funktion dient zum Einfügen einer Node in eine Liste.

Parameter

Liste
Zeiger auf die Liste, in die die Node eingefügt werden soll.

Node
Zeiger auf die Node, die in die Liste eingefügt werden soll.

Vorgänger
Zeiger auf die Node, nach der die einzufügende Node eingefügt wird. Ist dieser Zeiger auf einen Wert ungleich null gesetzt, so ist der Zeiger, der im Parameter "Liste" gesetzt ist, nicht mehr relevant, denn die angegebene Liste wird nicht nach der als Position angegebenen Node durchsucht (um festzustellen, ob die gewünschte Node überhaupt vorhanden ist), sondern setzt den Vorgänger-Parameter als richtig voraus und fügt die Node ein. Steht der Parameter auf null, so wird die Node an erster Position eingefügt. Die zweite Möglichkeit, eine Node an erster Position einzufügen, besteht darin, "Vorgänger" auf "lh_Head" zu setzen. Ein Einfügen an letzter Position erreicht man durch Setzen des Vorgänger-Parameters auf "lh_TailPred". Für das Einbinden einer Node an erster oder letzter Stelle gibt es jedoch eigene Funktionen.

Remove

```
Funktion:  Remove (Node)
                   A1
Offset: -252
```

Beschreibung

Wie aus dem Namen schon ersichtlich, dient diese Funktion zur Entfernung von Nodes aus einer Liste.

Parameter

Node

Zeiger auf die Node, die entfernt werden soll. Sollte es sich bei dem Zeiger nicht um einen Zeiger auf eine Node handeln, erkennt Exec dies nicht und "entfernt" trotzdem, wodurch es zum Informationsverlust oder zum "Absturz" des Rechners kommen kann.

AddHead

```
Funktion:  AddHead(liste,Node)
                   A0    A1
Offset: -240
```

Beschreibung

Die Funktion wird benutzt, um Nodes am den Kopf einer Liste einzufügen.

Parameter

Liste

Zeiger auf die Liste, in die die Node eingefügt werden soll.

Node

Zeiger auf die Node, die eingefügt werden soll.

RemHead

```
Funktion:  RemHead (Liste)
                    A0
Offset: -258
```

Beschreibung

Entfernt die erste Node der Liste, die angegeben wird.

Parameter

Liste

Zeiger auf die Liste, aus der die erste Node entfent wird.

AddTail

```
Function:  AddTail (Liste,Node)
                    A0    A1
Offset: -246
```

Beschreibung

Einfügen einer Node als letztes Glied in der Liste.

Parameter

Liste

Zeiger auf die Liste, in die eingefügt werden soll.

Node

Zeiger auf die Node, die eingefügt werden soll.

RemTail

```
Funktion:  RemTail (Liste)
                    A0
Offset: -258
```

Beschreibung

RemTail entfernt den letzten Eintrag der Liste.

Parameter

Liste
Zeiger auf die Liste, aus der der letzte Eintrag entfernt werden soll.

Enqueue

```
Funktion:  Enqueue (Liste,Node)
                    A0    A1
Offset: -270
```

Beschreibung
Die Funktion wird verwendet, um Einträge in der Liste nach ihrer Priorität zu ordnen. Wie schon im Kapitel über Nodes gesagt, werden Nodes mit höherer Priorität an den Anfang der Liste gestellt. Sollten mehrere Nodes mit der gleichen Priorität in einer Liste vorhanden sein, so wird die neu eingefügte Node hinter die vorhandenen gestellt.

Parameter

Liste
Zeiger auf die Liste, in die die Node eingetragen werden soll.

Node
Zeiger auf die Node, die eingefügt werden soll.

FindName

```
Funktion:  Eintrag = FindName (Liste,"Name")
              D0             A0     A1
Offset: -276
```

Beschreibung
Mit FindName kann man eine angegebene Liste nach einer Node mit entsprechendem Namen suchen.

Parameter

Liste
Zeiger auf die Liste, die durchsucht werden soll.

Name
Zeiger auf den Namen, nach dem gesucht wird. Dieser String muß mit Null abgeschlossen werden. Beim Aufruf der C-Funktion handelt es sich bei dem Parameter nicht um einen Zeiger auf den Namen, sondern um den String selbst.

Rückgabeparameter
In "Eintrag" (D0) wird von der Funktion ein Zeiger zurückgegeben, der auf die gefundene Node zeigt. Sollte ein Eintrag mit entsprechenden Namen nicht gefunden werden, wird eine Null zurückgegeben.

Das folgende Beispiel zeigt, wie man feststellen kann, ob ein Name einer Node doppelt in einer Liste vorkommt. Es kann in der Form noch nicht gestartet werden, die Liste muß vor dem FindName()-Aufruf initialisiert werden, da es sonst zu einem Absturz des Rechners kommt.

```
#include <exec/lists.h>

main()
{
struct Node *FindName(),*node;
struct List *liste;

if ((node = FindName (liste,"testnode"))!=0)
   if((node = FindName (node,"testnode"))!=0)
      printf ("\n der Name testnode wurde 2 mal
   gefunden\n");

}
```

Nach der Auflistung der für die Bearbeitung der Liste zur Verfügung stehenden Funktionen sollen diese teilweise anhand eines Beispiels verdeutlicht werden.

Unser Beispiel zeigt, wie man eine Liste erstellt, diese ausgibt und ihre Einträge löscht.

Beispiel für Listen:

```
#include <exec/lists.h>

char *name[] = {"node1","node2","node3"};


struct List liste;
struct Node node[3],*np;

main ()

{
   int i;
   char n;
   liste.lh_Head = (struct Node *) &liste.lh_Tail;
   liste.lh_Tail = 0;
   liste.lh_TailPred = (struct Node *) &liste.lh_Head;
   liste.lh_Type = NT_TASK;

   for (i=0;i<=2;i++) {
      node[i].ln_Type = NT_TASK;
      node[i].ln_Name = name[i];

      AddTail (&liste,&node[i]);
   }

   ausgabe();
   printf ("\n Ausgabe der fertigen Liste\n");

   np = liste.lh_Head->ln_Succ;
   Remove (np);
   ausgabe();
   printf ("\n 2. Node wurde entfernt\n");
}

ausgabe ()
{
   for (np = liste.lh_Head;
      np != &liste.lh_Tail;
      np = np->ln_Succ)
         printf ("\n %s \n",np->ln_Name);
}
```

2.4 Professionelle Programmierung in Assembler

Auf die generelle Frage, ob man besser in Assembler oder in einer Hochsprache wie C programmiert, soll in diesem Kapitel keine Antwort gegeben werden. Es ist vielmehr der Versuch, denen, die lieber oder gezwungenermaßen in Assembler programmieren, zu zeigen, wie sie sich dieses erleichtern.

Generell kann zu dem Konflikt jedoch dies gesagt werden: Assembler-Code ist um einiges kürzer und schneller als der einer Hochsprache. Die Fehlersuche (welches Programm ist auf Anhieb fehlerfrei?) ist in Assembler jedoch schwerer. Außerdem kann ein Assembler-Programm nur schwer auf einen anderen Rechner exportiert werden.

Wenn jedoch ein Amiga-spezifisches Programm geschrieben werden soll, fällt der letzte Punkt nicht ins Gewicht. Als Entscheidungshilfe für die Benutzung von Assembler oder einer Hochsprache hier einige Beispiele:

Interrupts	**sollten immer in Assembler sein**
Devices	**sind meistens in Assember**
Handler	**Assembler oder Hochsprache**
Sehr lange Programme	**besser in einer Hochsprache mit Assembler-Einschüben**

Jetzt aber zum eigentlichen Thema des Kapitels.

Für die professionelle Programmierung ist natürlich auch ein entsprechender Assembler notwendig. Hierfür sehr gut geeignet, ist der von der Firma Metacomco entwickelte "ASSEM", der beim Entwicklungspaket mitgeliefert wird. Der Assembler verfügt über lokale Variablen, Macros und die Möglichkeit, die Commodore Include-Files zu benutzen. Darüber hinaus können mit ihm eigene Libraries erstellt und hinzu gelinkt werden.

Die Assembler des Lattice- und Aztec-C-Compilers verfügen abgesehen von den sehr nützlichen lokalen Variablen ebenfalls über die beschriebenen Fähigkeiten.

Der Nachteil bei diesen drei Assemblern ist jedoch, daß das Programm erst mit einem Editor erstellt und im nachhinein assembliert und gelinkt werden muß, was nicht überragend schnell geschieht.

Alle hier verwendeten Beispiele beziehen sich auf den ASSEM, sind jedoch prinzipiell auch auf die oben genannten Assembler sowie den Profimat umsetzbar.

2.4.1 Hinweise zur Benutzung des ASSEM

Alle Label müssen immer am Anfang einer Zeile stehen. Vor einem Befehls-Code muß mindestens ein Leerzeichen stehen. Die Zeichen ; und * leiten einen Kommentar ein.

Um einer Konstanten einen bestimmten Wert zuzuweisen, wird der EQU-Befehl benutzt. Die Konstante muß immer am Anfang einer Zeile stehen.

```
Beispiel:  MeinWert   EQU  20
```

Um einer Variablen vorübergehend einen Wert zuzuweisen, wird der Befehl SET benutzt.

```
Beispiel:  MeinWert    SET  10
                  .
                  .
           MeinWert    SET  MeinWert + 10
```

Das Einfügen von Bytes in den Code geschieht mit dc.x. Für x kann b (für Bytes), w (für Worte) und l (für Langworte stehen).

```
Beispiel: dc.b $12,%01001101,10,'hallo'
          dc.w $1234,100
          dc.l $12345678,1202621,LABEL
```

Das Einfügen von mit Null gefüllten Blöcken geschieht mit ds.x. Für x kann b, w oder l stehen. Wenn Worte oder Langworte eingefügt werden, so beginnen diese immer automatisch auf einer geraden Adresse.

```
Beispiel: ds.b 10            ;Einfügen von 10 Leer-Bytes
          ds.w 10            ;Einfügen von 10 Leerworten
          ds.l 10            ;Einfügen von 10 Leerlangworten
          ds.w 0             ;PC auf gerade Adresse bringen (Align)
```

Zum Einfügen von Blöcken mit bestimmtem Inhalt dient dcb.x. Für x kann b, w, l stehen.

```
Beispiel: dcb.b 10,$ff       ;Einfügen von 10 $FF Bytes
          dcb.w 10,$ffff     ;Einfügen von 10 $FF Worten
          dcb.l 10,$ffffffff ;Einfügen von 10 $FF Langworten
```

Lokale Label

Lokale Label werden mit einer Zahl und nachfolgendem $ gekennzeichnet. Sie sind im Bereich zwischen zwei globalen Labeln lokal.

Beispiel:

```
Start:                      ;Globales Label
2$:      subq.l #1,d1
         move.l #100,d0
1$:      subq.l #1,d0
```

```
        bne.s   1$          ;Lokales Label
        tst.l   d1
        bne.s   2$          ;Lokales Label
        rts
Fill:                       ;Globales Label
        move.l  #100,d1
1$:     move.b  d0,(a0)+
        subq.l  #1,d1
        bne.s   1$          ;Lokales Label
        rts
```

Die Funktionen XREF und XDEF

Allgemein betrachtet importiert die XREF-Funktion während des Link-Vorganges Definitionen und Adressen aus anderen Modulen. Diese Module sind entweder gelinkte Libraries (Linker-Libraries, nicht zu verwechseln mit den Amiga-Libraries wie die Exec-Library) oder andere gelinkte Objektmodule. Anhand späterer Beispiele wird die Benutzung deutlich.

Die XDEF-Funktion stellt anderen Modulen die angegebenen Definitionen oder Adressen zur Verfügung, was nur beim Zusammenlinken mehrerer Module von Wichtigkeit sein kann.

Um Funktionen aus Libraries wie Exec, DOS oder Intuition zu benutzen, müssen deren Offsets bekannt sein. Eine Methode besteht darin, den Offset im Anhang dieses Buches nachzuschlagen und eine Konstante zu definieren. Die andere, einfachere Methode ist es, sich die Offsets durch den Linker "heraussuchen" zu lassen. Hierfür muß dem Linker jedoch mitgeteilt werden, welche Offsets erwünscht sind. Um dies zu bewerkstelligen, müssen die Funktionsnamen importiert werden. Dies geschieht mit dem Befehl XREF. Vor jeder so importierten Library-Funktion muß ein _LVO stehen, damit der Linker die Offsets in seinen Definitionen findet.

Beispiel:

```
XREF _LVOAllocMem,_LVOFreeMem

jsr _LVOAllocMem(a6)
jsr _LVOFreeMem(a6)
```

Durch den Linker, werden die entsprechenden Offsets geholt. Das lästige Eintippen des _LVO kann man sich ersparen, wie Sie bei der Beschreibung der Macros sehen werden.

Assemblieren mit dem ASSEM

Das Erstellen eines lauffähigen Programms erfolgt in zwei Schritten. Als erstes muß das geschriebene Programm assembliert werden. Danach wird es mit den gewünschten Libraries und anderen Objekt-Dateien gelinkt.

Es hat sich eingebürgert, den Source des Assembler-Programms mit der Endung ".asm" zu versehen. Das vom Assembler erstellte Objektmodul erhält die Endung ".o" oder ".obj". Nach dem Linken entfällt diese Endung.

Folgende Aufrufe können dazu dienen, ein Source-Programm zu einem ausführbaren Programm zu machen.

```
assem file.asm -o RAM:file.o -i include
blink RAM:file.o to file library lib/amiga.lib
```

Die "-o"-Option in der ersten Zeile gibt dem Assembler an, daß er das Objekt-File im RAM unter dem Namen "file.o" ablegen soll. Mit "-i" wird ihm "gezeigt", wo entsprechende Include-Dateien zu finden sind.

Als zweites wird der Linker aufgerufen, dem das zuvor erstellte File "RAM:file.o" übergeben wird. Dieser linkt es mit der Amiga-Library des Linkers zusammen und legt das fertige Programm unter dem Namen "file" ab.

Sofern Sie mit der XREF-Funktion Libraries importiert haben, ist das Linken der Amiga-Library unbedingt vonnöten.

2.4.2 Die Verwendung von Macros

Die meisten für den Amiga erhältlichen Assembler verfügen über die Möglichkeit, Macros zu verwenden.

Ein Macro besteht aus ein oder mehreren zu einer Einheit zusammengefaßten Instruktionen (Assembler-Befehle oder Daten-Bytes), die innerhalb des Programms durch alleinigen Aufruf des Macronamens eingefügt werden können.

Wenn innerhalb eines Programms eine immer gleichbleibende Befehlsfolge öfter auftaucht, so kann diese zu einem Macro zusammengefaßt werden. Durch Eintragen des Macronamens in das Programm

wird die Befehlsfolge beim Assemblieren eingefügt. Man erspart sich einige Tipparbeit.

Ein Beispiel dazu: Nehmen wir an, diese Befehlsfolge würde häufiger auftreten:

```
MOVE.L A2,A0            ;Erster Parameter nach A0
MOVE.L A4,A1            ;Zweiter Parameter nach A1
BSR    WILLSOSEIN       ;Funktionsaufruf
TST.   D0               ;Rückgabe testen
```

In diesem Fall könnte es sich lohnen, ein Macro zu definieren. Ein Macro hat immer den gleichen Aufbau:

```
Macroname    MACRO
        Befehle
             ENDM
```

MACRO ist das Code-Wort, das dem Assembler signalisiert, daß ein Macro beginnt. ENDM signalisiert das Ende des Macros.

Beispiel:

```
FUNKAUFRUF  MACRO
    MOVE.L A2,A0        ;Erster Parameter nach A0
    MOVE.L A4,A1        ;Zweiter Parameter nach A1
    BSR    WILLSOSEIN   ;Funktionsaufruf
    TST.   D0           ;Rückgabe testen
            ENDM
```

Jedesmal, wenn diese Befehlsfolge im Programm stehen müßte, kann nun der Name des Macros (FUNKAUFRUF) verwendet werden.

Das einfache Zusammenfassen von Befehlsfolgen ist jedoch nur ein Bruchteil der Möglichkeiten, die sich durch Macros ergeben. Durch Parameterübergabe sind sie wesentlich vielseitiger als in unserem ersten Beispiel ersichtlich wurde. Ein solcher Parameter kann beispielsweise der Name einer Funktion sein, die aufgerufen werden soll. Der übergebene Parameter wird mit einem \ und einer nachfolgenden Zahl, die die Nummer des Parameters angibt, angesprochen.

Beispiel:

```
FUNKAUFRUF  MACRO       ;1. Parameter = Name der Funktion
    MOVE.L A2,A0
    MOVE.L A4,A1
    JSR    \1           ;Aufruf der Funktion
```

```
        TST.  D0
              ENDM
```

Mit

```
    FUNKAUFRUF FunktionXY
```

wird anstelle des "JSR \1" "JSR FunktionXY" eingetragen und entsprechend assembliert.

Werden mehrere Parameter angegeben, müssen diese beim Aufruf des Macros mit Kommas getrennt werden. Innerhalb des Macros werden sie in der Reihenfolge der Übergabe mit "\1", "\2", "\3" usw. entgegengenommen.

Sollen innerhalb eines Macros Schleifen vorkommen, muß eine Kleinigkeit zusätzlich beachtet werden.

Beispiel-Macro zum Füllen von Speicherbereichen:

```
FILL    MACRO                       ;Füllwert,Anzahl,Register
        move.w    #\1,d0
        move.l    #\2,d1
Loop\@  move.w    d0,(\3)+
        subq.l    #1,d1
        bne       Loop\@
        ENDM
```

Die Verwendung des \@ nach dem Label "Loop" ist unbedingt erforderlich. Stellen wir uns vor, das Label innerhalb des Macros würde ohne diesen sonderbaren Zusatz benutzt, und das Macro sollte dreimal verwendet werden. Jedesmal würde der angegebene Macro-Code vom Assembler in den Programm-Code eingefügt. Somit stünde an drei Stellen des Programms das Label "Loop" und der Befehl "bne Loop". Der Assembler würde sofort reklamieren, daß das gleiche Label mehrmals benutzt wurde.

Aus diesem Grund wird an den Labelnamen \@ angehängt. Bei jedem erneuten Macro-Aufruf wird für \@ eine andere Zahl eingesetzt, wodurch beim ersten Aufruf das Label "Loop0.000", beim zweiten "Loop0.001", beim dritten "Loop0.003" usw. heißt.

Zusätzlich zu den Übergabeparametern kann innerhalb eines Macros bedingt assembliert werden. Das heißt, aufgrund bestimmter Bedingungen hat das Macro beim "Einbau" in das Programm ein veränderbares Aussehen.

Eine Bedingung beginnt mit einer IF-Anweisung und wird mit ENDC (End Condition = Ende der Bedingung) abgeschlossen. Bei den Bedingungen wird das Ergebnis einer arithmetischen Operation auf größer, kleiner, größergleich, gleich oder ungleich null geprüft.

Folgende IF-Bedingungen stehen zur Verfügung:

IFEQ *AG1-AG2*
Fahre mit fort, wenn Argumente gleich sind (equal).

IFNE *AG1-AG2*
Fahre mit fort, wenn Argumente ungleich sind (not equal).

IFGT *AG1-AG2*
Fahre mit fort, wenn AG1 > AG2 ist (greater than).

IFGE *AG1-AG2*
Fahre mit fort, wenn AG1 >= AG2 ist (greater or equal).

IFLE *AG1-AG2*
Fahre mit fort, wenn AG1 <= AG2 ist (lower or equal).

IFC *STR1,STR2*
Fahre mit fort, wenn String 1 = String 2 ist (copy of).

IFNC *STR1,STR2*
Fahre mit fort, wenn String 1 <> String 2 ist (no copy of).

IFD *Label*
Fahre mit fort, wenn Label bereits definiert ist (if defined).

IFND *Label*
Fahre mit fort, wenn Label nicht definiert ist (not defined).

Es sind auch Ausdrücke wie "IFGE (2*\1)+10-(3*\2)" erlaubt. Im Zusammenhang mit den Bedingungen kann mit NARG die Anzahl der übergebenen Argumente abgefragt werden.

Mit MEXIT kann das Macro vorzeitig beendet werden. Zum Ende der Erkärung der Macros soll deren Verwendung noch anhand einiger Beispiele gezeigt werden.

Beispiele für Macros

Macro für Aufruf von Library-Funktionen ohne die Eingabe von _LVO; dies wird durch das Macro erledigt.

```
CALLSYS MACRO
        jsr _LVO\1(a6)
        ENDM
```

Aufruf:

```
        move.l $4,a6
        CALLSYS AllocMem
```

Aufruf einer Library-Funktion, wobei in A6 nicht der Zeiger auf die Library steht. Hier muß dem Macro mitgeteilt werden, wo es die Basisadresse holen soll.

```
LINKSYS MACRO
        move.l a6,-(a7)
        move.l \2,a6
        jsr _LVO\1(a6)
        move.l (a7)+,a6
        ENDM
```

Aufruf:

```
CALLSYS AllocMem,ExecBase
```

Macro, um sich das lästige _LVO beim Importieren einer Library-Funktion zu ersparen.

```
XLIB    MACRO
        XREF _LVO\1
        ENDM
```

Aufruf:

```
XLIB AllocMem
XLIB CreateProc
```

anstelle von

```
XREF _LVOAllocMem,_LVOCreateProc
```

Testen, ob es sich bei einer Liste um eine leere Liste handelt. Wird beim Aufruf des Macros ein Parameter (ein Register) übergeben, wird angenommen, daß in diesem Register der Zeiger auf die Liste steht. Wenn kein Parameter angegeben wird, muß der Zeiger auf die Liste in A0 stehen.

```
TSTLIST     MACRO   * [list]
            IFC     '\1',''
            CMP.L   LH_TAIL+LN_PRED(A0),A0
            ENDC
            IFNC    '\1',''
            CMP.L   LH_TAIL+LN_PRED(\1),\1
            ENDC
            ENDM
```

Aufruf:

```
TSTLIST
```

oder

```
TSTLIST A3
```

Das BITDEF-Macro

Um bei einer Konstanten ein bestimmtes Bit setzen zu können, muß folgende Instruktion eingeben werden:

```
BitNummer  EQU  3
MyByit_Bit  EQU  1 << BitNummer
```

Das Include-File "exec/type.i" stellt hierfür ein brauchbares Macro (BITDEF) zur Verfügung.

Beispiel:

```
BITDEF MyBit,Bit,3
```

zurück erhält man:

```
MyBitB_Bit = 3
MyBitF_Bit = %00001000

BITDEF      MACRO    * prefix,&name,&bitnum
            BITDEF0 \1,\2,B_,\3
\@BITDEF    SET      1<<\3
            BITDEF0 \1,\2,F_,\@BITDEF
            ENDM

BITDEF0     MACRO    * prefix,&name,&type,&value
\1\3\2      EQU      \4
            ENDM
```

2.4.3 Verwenden von Include-Dateien

Include-Dateien sind Dateien, in denen eine Vielzahl von Definitionen vorgenommen wurden, die durch das Einbinden dieser Dateien (Files) dem eigenen Programm zur Verfügung stehen.

Das Verwenden von Include-Dateien ist für jeden, der schon in C programmiert hat, selbstverständlich. In Assembler besteht ebenfalls diese Möglichkeit. Das heißt nicht, daß die Includes des C-Compilers für den Assembler genutzt werden können. Es können jedoch vergleichbare Dateien genutzt werden.

Die aus C bekannten vordefinierten Strukturen haben in den Assembler-Includes zwar ein etwas verändertes Aussehen, sind prinzipiell jedoch gleich. Zu ihrer Benutzung existieren einige sehr hilfreiche Macros in dem Include-File "exec/types.i", die die Benutzung von Strukturen erst ermöglichen.

Sehen wir uns zum Vergleich die C-Struktur "List" an.

```
struct List {
   struct Node *lh_Head;
   struct Node *lh_Tail;
   struct Node *lh_TailPred;
   UBYTE        lh_Type;
   UBYTE        l_pad;
};
```

Mit Hilfe unserer Macros ist es kein Problem, diese Struktur nachzubilden. Sie sieht für Assembler so aus:

```
STRUCTURE LH,0
   APTR   LH_HEAD
   APTR   LH_TAIL
   APTR   LH_TAILPRED
```

```
UBYTE   LH_TYPE
UBYTE   LH_pad
LABEL   LH_SIZE
```

Wie ist dies möglich? STRUCTURE, APTR, UBYTE und LABEL sind Macroaufrufe, denen entsprechende Übergaben gemacht werden. Mit Hilfe der Macros wird dem entsprechenden Label ein Wert zugewiesen. Dieser Wert entspricht dem Offset des Eintrages innerhalb der Struktur.

Sehen wir uns einmal diese Macros an:

```
STRUCTURE   MACRO
\1          EQU     0
SOFFSET     SET     \2
            ENDM
```

Als erstes wird das Macro STRUCTURE aufgerufen. Diesem Macro werden zwei Werte übergeben. Zum einen ist dies ein Label (LH) und weiterhin eine Zahl. Dem Label LH wird durch das Macro der Wert 0 zugewiesen. Zusätzlich wird dem Label SOFFSET der Wert des zweiten Übergabeparameters zugewiesen. Da hierbei der Befehl SET (siehe Hinweise zur Benutzung des ASSEM) benutzt wird, kann der Wert von SOFFSET später wieder verändert werden.

Halten wir noch einmal fest:

```
LH      = 0
SOFFSET = 0
```

Als nächstes wird das Macro APTR aufgerufen:

```
APTR        MACRO
\1          EQU     SOFFSET
SOFFSET     SET     SOFFSET+4
            ENDM
```

Dem Macro wird der Label-Name LH_HEAD übergeben.

Wie aus dem Macro ersichtlich, wird diesem Label jetzt der Wert Null zugewiesen (SOFFSET = 0). SOFFSET wird um vier erhöht.

Beim erneuten Aufruf von APTR mit der Übergabe des Labels LH_TAIL erhält dieses den Wert 4. SOFFSET wird auf 8 erhöht. Als nächstes erhält das Label LH_TAILPRED den Wert 8 und SOFFSET den Wert 12.

Das folgende Macro, das aufgerufen wird, heißt UBYTE:

```
UBYTE      MACRO
\1         EQU     SOFFSET
SOFFSET    SET     SOFFSET+1
           ENDM
```

Durch den Aufruf erhält LH_TYPE den Wert 12 und SOFFSET den Wert 13. "LH_pad" bekommt den Wert 13 und SOFFSET den Wert 14.

Als letztes sehen wird uns noch das Macro LABEL an:

```
LABEL      MACRO
\1         EQU     SOFFSET
           ENDM
```

Hier wird dem Label nur der SOFFSET-Wert übergeben, ohne ihn zu ändern. Nachdem alle Macros aufgerufen wurden, ergibt sich folgendes Bild:

```
LH          = 0
LH_HEAD     = 0
LH_TAIL     = 4
LH_TAILPRED = 8
LH_TYPE     = 12
LH_pad      = 13
LH_SIZE     = 14
```

Hier wird klar, wozu diese Macros dienen. Jedem an das Macro übergebene Label ist der entsprechende Offset zugewiesen worden, den der dazugehörende Eintrag in der Struktur hat. Der Wert, um dem SOFFSET erhöht wurde, ist jeweils die Länge des entsprechenden Eintrages. Bei APTR (einem 4-Byte-Zeiger) ist der addierte Wert somit 4, beim Byte (Länge 1) der Wert 1.

Bleibt nur noch zu klären, wozu das Macro LABEL benutzt wird. Mit LABEL wird der aktuelle SOFFSET-Wert an das angegebene Label übertragen. Geschieht das am Ende einer so definierten Struktur, ist dies automatisch die Länge der Struktur.

Der Zugriff auf diese Struktur stellt jetzt kein Problem mehr dar. In C sähe er wie folgt aus:

```
#include <exec/lists.h>

main ()
```

```
struct List MyList;

MyList.lh_Type = 2;
```

In Assembler somit:

```
include "exec/lists.i"

lea     Listadresse,a0     ;Adresse, ab der die Struktur steht
move.b  #2,LH_TYPE(a0)     ;Typ eintragen
```

Wenn beispielweise Speicher für eine Struktur belegt werden soll, so muß nicht die Länge mühsam nachgeschlagen werden, es kann jetzt wesentlich einfacher gehen:

```
move.l   #LH_SIZE,d0      ;Länge der List-Struktur nach D0
CALLSYS  AllocMem         ;Siehe Macro-Beispiele
```

Nehmen wir an, es sei eine Struktur Unterstruktur einer anderen. Auch dies läßt sich problemlos lösen:

```
STRUCTURE  MyStruct,0
    APTR   WerWeißWoHinn
    UBYTE  EinWert
    STRUCT MeineListe,LH_SIZE
    UBYTE  Zähler
    LABLE  MyStruct_SIZE
```

Innerhalb der Struktur haben wir wieder einen neuen Macro-Aufruf:

```
STRUCT   MACRO
\1       EQU    SOFFSET
SOFFSET  SET    SOFFSET+\2
         ENDM
```

An dieses Macro werden zwei Parameter übergeben. Zum einen ist dies das Label, dem der Offset zugewiesen wird, zum anderen die Länge der einzufügenden Struktur.

SOFFSET wird um die Länge der Struktur erhöht, was bedeutet, daß dem nächsten Label der Offset hinter der Struktur übergeben wird. In unserem Beispiel wird eine List-Struktur eingefügt, was durch die eingetragene Länge von 14 Bytes (LH_SIZE = Länge der List-Struktur = 14) erkennbar ist.

Will man jetzt auf die List-Struktur zugreifen, geschieht dies wie folgt:

```
lea       MeineStruktur,a0       ;Zeiger auf Basisadresse
lea       MeineListe(a0),a0      ;Zeiger auf Listanfang
move.b    #2,LH_TYPE(a0)         ;Typ eintragen
```

Oder durch:

```
lea       MeineStruktur+MeineListe,a0
move.b    #2,LH_TYPE(a0)
```

Es stehen folgende Macros zur Strukturbildung zur Verfügung:

```
STRUCTURE Label,Offset
STRUCT    Label,Struct_SIZE

BYTE   Länge = 1 Byte
UBYTE  Länge = 1 Byte
WORD   Länge = 2 Byte
UWORD  Länge = 2 Byte
SHORT  Länge = 2 Byte
USHORT Länge = 2 Byte
BOOL   Länge = 2 Byte
LONG   Länge = 4 Byte
ULONG  Länge = 4 Byte
FLOAT  Länge = 4 Byte
APTR   Länge = 4 Byte
CPTR   Länge = 4 Byte
RPTR   Länge = 2 Byte     (für Offsets)
```

In den Include-Files sind alle für C nutzbaren Strukturen auch als Assembler-Struktur umgesetzt. Die Namen der Einträge haben sich oft in der Groß-/Kleinschreibung geändert.

Abgesehen von den Strukturen sind auch weitere sehr hilfreiche Macros und Definitionen in den Includes enthalten.

2.4.4 Hinweise zur "sauberen" Programmierung

Die meisten in diesem Abschnitt gegebenen Ratschläge kommen von den Programmierern des Amiga-Betriebssystems, die sicherlich über den Verdacht erhaben sind, keine professionellen Programmierer zu sein und nicht über entsprechende Erfahrung zu verfügen.

Beim Programmieren sollte man die Prozessorregister in zwei Gruppen aufteilen. Dies sind zum einen die Register D0, D1, A0 und A1, die in eine Gruppe fallen. Alle restlichen gehören in die andere Gruppe. Die Gruppen kommen immer dann zur Geltung, wenn in eine Unterroutine verzweigt wird.

Das Betriebssystem ist immer so programmiert, daß die Register der ersten Gruppe (D0, D1, A0, A1) als Übergabeparameter für die aufzurufende Funktion verwendet werden können. Sollten diese nicht ausreichen, werden notgedrungen auch andere Register benutzt.

Das aufrufende Programm kann nicht davon ausgehen, daß diese Register der ersten Gruppe nach dem Funktionsaufruf ihren alten Wert beibehalten haben. Im Gegensatz hierzu stehen die Register der zweiten Gruppe, deren Wert unverändert bleibt. Sollte das Unterprogramm die Register der zweiten Gruppe benutzen, müssen deren Inhalte vor der Benutzung gerettet und vor dem Verlassen des Unterprogramms zurückgegeben werden.

Man kann somit beispielsweise Schleifen mit den Registern D2 bis D7 aufbauen, ohne sich darum kümmern zu müssen, ob eventuelle Unterroutinen hier "dazwischenfunken".

Wenn man sich strikt nach diesem Prinzip richtet, kann es nicht passieren, daß durch eine vor längerer Zeit geschriebene Routine, deren genauer Aufbau nicht mehr präsent ist, Register zerstört werden, die noch vonnöten sind.

Es kommt beim Programmieren öfter vor, daß eine Funktion von einem anderem Programmteil nur zum Teil verwendet werden kann. Manche Programmierer greifen dann zu einer recht unsauberen Methode. Sie definieren ein zweites Label innerhalb der Funktion und springen dadurch mitten in diese Funktion ein. Sicherlich ist dies machbar, gehört jedoch nicht zum guten Stil. Das Programm wird somit für andere, aber auch für einen selbst nach einiger Zeit sehr unübersichtlich. Die Funktion ist nicht klar definiert.

Beispiel:

```
        jsr     Hauptfunktion
        .
        .
        .
        jsr     Unterfunktion
        .
        rts

Hauptfunktion:          ;Aufgerufene Funktion
            .
            .
```

```
Unterfunktion:          ;Eingefügtes Label
        .
        .
        rts             ;Funktionsende
```

Eine wesentlich elegantere Methode ist es, die Haupt-Funktion aus zwei kleineren Funktionen bestehen zu lassen, wovon die eine separat aufgerufen werden kann.

Beispiel:

```
        jsr     Hauptfunktion
        .
        .
        .
        jsr     Unterfunktion
        .
        rts

Hauptfunktion:
        .
        .
        jsr     Unterfunktion
        rts

Unterfunktion:
        .
        .
        rts
```

Dieser Programmaufbau hat den Vorteil, daß jede Funktion ihre klar definierbare Aufgabe hat und das Programm somit leicher zu überblicken ist.

In nahezu jedem Assembler-Programm müssen globale Werte und Adressen abgelegt werden. Ein Beispiel hierfür sind Zeiger auf Libraries, Windows oder ähnliche Strukturen. Hierfür können entsprechende Label am Ende des Programms abgelegt werden. Soll bei einem dieser Label z.B. der Zeiger auf die DOS-Library gespeichert werden, ist es nur mit Aufwand möglich, das Programm relokatibel zu gestalten.

Eine gute Möglichkeit ist es, eine Struktur (sie werden in diesem Kapitel besprochen) mit allen globalen Zeigern zu erstellen. Eine solche Struktur könnte folgendes Aussehen haben:

```
STRUCTURE   Globals,0
     APTR   SysBase
     APTR   DosBase
     APTR   WindowPtr
     WORD   Counter
```

```
        .
        .
        LABEL Globals_SIZE
```

Der Speicherbereich, der für diese Struktur benötigt wird, ist meistens nicht übermäßig groß, so daß sie bequem im Stapel Platz findet.

Ihr Programm kann nur folgendermaßen beginnen:

```
LEA     -Global_SIZE(a7),a7    ;Schaffen von Platz in Stapel
move.l  a7,a5                  ;Zeiger auf Struktur nach A5
```

In A5 steht jetzt der Zeiger auf den Anfang unserer Struktur. Wird jetzt der Zeiger auf die DOS-Library geholt, kann er mit:

```
move.l d0,DosBase(a5)
```

gespeichert werden. Der Inhalt von A5 darf jetzt jedoch nicht mehr achtlos verändert werden. Durch den Zugriff auf globale Variablen indirekt über A5 wird der Programm-Code automatisch relokatibel. Das Einfügen einer neuen Variablen stellt keine Schwierigkeiten dar (eintragen in die Struktur, fertig).

Soll das Programm beendet werden, muß der Stapel wieder in den Ursprungszustand versetzt werden. Dafür reicht:

```
LEA Global_SIZE(a7),a7
```

Sollte die globale Struktur zu lang werden, ist das Abspeichern derselben im Stapel nicht zu empfehlen. In diesem Fall muß mit der AllocMem-Funktion der entsprechende Speicher zu Beginn des Programms belegt werden.

Beispiel:

```
move.l   #MEMF_PUBLIC!MEMF_CLEAR,d1
move.l   #Global_SIZE,d0
CALLSYS  AllocMem
tst.l    d0
beq      Fehler_AllocMem
move.l   d0,a5
```

In A5 befindet sich wieder der Zeiger auf die Struktur der globalen Variablen.

2.5 Die Benutzung von Funktionstabellen (Libraries)

Dieses Kapitel ist sowohl für C als auch für Assembler-Programmierer gedacht. Das Verständnis des Kapitels ist unerläßlich, wenn man den Amiga mit all seinen Möglichkeiten nutzen will.

Was ist eigentlich eine Library? Eine Library ist laut Übersetzung eine Bibliothek. Es handelt sich hierbei um eine Bibliothek von Funktionen, die vom Programmierer genutzt werden können. Sie ist, um genau zu sein, eine größere Sprungtabelle, über die die Funktionen aufgerufen werden. Libraries werden gebraucht, damit der Programmierer die Funktionen benutzen kann, die nicht in C und erst recht nicht in Assembler vorhanden sind, jedoch vom Betriebssystem zur Verfügung gestellt werden. Ein Beispiel dafür ist die Funktion OpenScreen() zum Erstellen eines eigenen Screens. C stellt die Funktion nicht zur Verfügung, sie muß mit Hilfe einer Library des Amiga aufgerufen werden.

Eine Library hat folgendes Aussehen:

```
           .
           .
00060A  JMP $FC2FD6
000610  JMP $FC0B28
000616  JMP $FC0AC0
           .
           .
```

Die Libraries des Amiga sind in die verschiedenen Aufgabenteile unterteilt. Die meisten von ihnen sind schon im ROM-Bereich des Rechners enthalten; einige wenige müssen noch bei Bedarf von Diskette nachgeladen werden. Diese Libraries stehen zur Verfügung:

```
clist.lib
diskfont.lib
dos.lib
expansion.lib
exec.lib
graphics.lib
icon.lib
intuition.lib
layers.lib
mathffp.lib
mathieeedoubbas.lib
mathtrans.lib
potgo.lib
ram.lib
translator.lib
```

Darunter nimmt die Exec-Library eine Sonderstellung ein, denn ihre Funktionen sind sofort nach einem Reset erreichbar. Wenn man eine Funktion einer anderen Library benutzen will, muß man dies dem System mitteilen, das daraufhin die entsprechende Library erstellt, auf die man dann zugreifen kann. Sollte diese Library schon erstellt worden sein, wird dem Programmierer lediglich mitgeteilt, wo er sie erreichen kann.

Von einer Library ist normalerweise lediglich ihre Basisadresse bekannt, von der aus mit negativen Offsets (Ausgleich) die gewünschten Funktionen aufgerufen werden.

Ein Library-Aufruf sieht, für alle Libraries geltend, wie folgt aus:

```
move.l libBasis,a6      ;Basisadresse der Library
jsr    Offset(a6)       ;Aufruf der Funktion mit negativem Offset
```

Der Offset der entspechenden Funktion muß aus einer Tabelle entnommen werden, die Sie im Anhang dieses Buches finden. Vor dem Funktionsaufruf müssen die Parameter (sofern welche benötigt werden) den entsprechenden Registern übergeben werden.

Wie schon gesagt, sind die Funktionen der Exec-Library schon gleich nach einem Reset erreichbar. Um die Funktionen der Library aufrufen zu können, muß ihre Basisadresse bekannt sein. Die Basisadresse der Exec-Library steht ab Speicherstelle $04, von wo aus sie ohne Probleme ausgelesen werden kann. Von C aus erreicht man sie durch Lesen der Standardvariablen SysBase.

Ein Aufruf einer Exec-Library-Funktion aus C heraus ist sehr einfach. Als Beispiel zeigen wir den Aufruf der FindName-Funktion.

```
#include <exec/execbase.h>
struct ExecBase *SysBase;
struct Library *FindName(), *library;

main()

{
  library = FindName(&(SysBase->LibList),"dos.library");
  printf ("\n  %x \n",library);

}
```

Dieses kleine C-Programm durchsucht die Liste aller zur Verfügung stehenden Libraries nach der DOS-Library. Wird diese gefunden, so

wird die Adresse, an der sie liegt, ausgegeben, ansonsten wird eine Null ausgegeben.

Sie sehen, daß es außer der für Sie vielleicht etwas verwirrenden Zuweisung innerhalb des Funktionsaufrufes bei Exec-Funktionen nichts zu beachten gibt. Wir wissen bereits, daß der FindName-Funktion ein Zeiger auf eine Liste und der Name der Node mitgeteilt werden muß. Warum die Zuweisung der Liste dieses Aussehen hat, braucht hier noch nicht zu interessieren. Dies wird im Kapitel über ExecBase erläutert.

Doch sehen wir uns einmal an, wie der C-Compiler dieses Programm in Assembler umsetzt. Wenn man sich auf das Wesentliche beschränkt, hat das umgesetzte Programm dieses Aussehen:

```
    global _SysBase,4
    global _library,4

_main:

pea *Node               ;Zeiger auf Node in Stapel schieben
move.l _SysBase,a6      ;Zeiger auf ExecBase (aus $4)
pea 378(a6)             ;Zeiger auf Liste in Stapel schieben
jsr _FindName           ;FindName Funktion aufrufen
move.l d0,_library      ;Rückmeldung in Library merken
move.l _library,-(a7)   ;und im Stapel an die
jsr _printf             ;_printf Routine übergeben
rts

_FindName
movem.l 4(sp),a0/a1     ;Parameter für FindName aus Stapel in
                        ;die entsprechenden Register laden
move.l  _SysBase,a6     ;Basisadresse der Exec-Library holen
jmp     -276(a6)        ;Funktion FindName aufrufen
```

Das komplette vom Compiler erzeugte Assembler-Listing ist etwas umfangreicher, trägt jedoch nicht zum Verständnis des Library-Funktionsaufrufs bei und wurde deshalb weggelassen.

_SysBase ist ein Zeiger auf die Exec-Library, dessen Funktionen mit negativen Offsets aufgerufen werden. Wenn man mit positiven Offsets von _SysBase aus auf den Speicher zugreift, erhält man Werte von ExecBase (der Hauptstruktur des Betriebssystems), auf die wir zu einem späteren Zeitpunkt noch eingehen werden. Unter den Einträgen in der ExecBase befindet sich auch eine Liststruktur, in der die Libraries verzeichnet sind.

Das Compilat ist zwar ein wenig umständlich, aber trotzdem recht gut zu verstehen.

Das Hauptprogramm bringt die Zeiger auf die Liste und die Node in den Stapel und ruft daraufhin das Unterprogramm auf. Dort werden die eben gespeicherten Parameter in die dafür vorgesehenen Register geladen. Nun wird die Basisadresse der Exec-Library geholt und in A6 geschrieben. Dann ist alles vorbereitet, um die eigentliche Funktion FindName aus der Exec-Library aufzurufen. Der Offset dieser Funktion ist, wie sich aus dessen Beschreibung im Kapitel über die Listen entnehmen läßt, -276. Folglich heißt der eigentliche Funktionsaufruf "jmp -276(a6)". Der zurückgegebene Parameter wird in "library" gespeichert, in den Stapel geschoben und mit "_printf" auf dem Bildschirm ausgegeben.

Wie schon gesagt, ist dem System der Standort der Exec-Library bekannt, weshalb ein Funktionsaufruf ohne Probleme stattfinden kann. Sollte man eine Funktion aus einer anderen Library aufrufen wollen, so weiß weder das Betriebssystem noch der C-Compiler, wo er diese Library zu finden hat. Zu diesem Zweck stellt die Exec-Library eine Funktion zur Verfügung, mit der sich die Basisadressen anderer Libraries ermitteln lassen. Diese Funktion nennt sich OpenLibrary und hat folgendes Aussehen:

OpenLibrary

```
LibPtr = OpenLibrary (LibName, Version)
  D0                    A1       D0
```

Parameter

LibName
Zeiger auf den mit Null abgeschlossenen Namen der Library, die geöffnet werden soll, z.B. "intuition.library".

Version
Gibt die Library-Version an, die der Benutzer zu öffnen wünscht. Sollten mehrere Libraries desselben Namens zur Verfügung stehen, werden sie anhand der Versionen unterschieden. Sollte eine neue Version verlangt werden, die noch nicht zur Verfügung steht, so ist der OpenLibrary-Aufruf gescheitert.

LibPtr
Beinhaltet nach dem Aufruf der Funktion die Basisadresse der gesuchten Library, sofern diese gefunden wurde. Ist die gesuchte Library nicht gefunden worden, wird eine Null als Fehlermeldung zurückgegeben.

Der Variablen-Name, in der die Basisadresse der Library gespeichert wird, kann nicht beliebig gewählt werden. Damit C die Basisadresse der Library weiß, aus der eine Funktion aufgerufen werden soll, muß diese zuvor in einer dafür vorgesehenen Variablen gespeichert werden. Wird diese Variable zwar deklariert, jedoch nicht auf den richtigen Wert gesetzt, führt der Aufruf der Library-Funktion zum Absturz des Programms oder sogar des ganzen Rechners.

Auflistung der festgelegten Variablen:

Library	Variable
clist.library	CListBase
diskfont.library	DiskFontBase
dos.library	DosBase
excansion.library	ExpansionBase
exec.library	SysBase
graphics.library	GfxBase
icon.library	IconBase
intuition.library	IntuitionBase
layers.library	LayersBase
mathffp.library	MathBase
mathieeedoubbas.library	MathIeeeDoubBasBase
mathtrans.library	MathtransBase
potgo.library	PotgoBase
translator.library	TranslatorBase

Es gibt mehrere Möglichkeiten, diese festen Variablen zu deklarieren. Am einfachsten ist es jedoch, sie als ULONG (Langwort ohne Vorzeichen) zu deklarieren, weil man sich so die Pointer-Umwandlung erspart. Natürlich muß bei der Deklaration als ULONG "exec/types.h" als Include-File hinzugenommen werden, da der Compiler sonst nicht weiß, was ULONG bedeutet.

2.5.1 Öffnen einer Library

Sehen wir uns den Gebrauch und das Öffnen einer Library einmal anhand eines Beispiels an. Das folgende Beispiel öffnet die Intuition-Library und daraufhin einen eigenen Screen.

```
#include <exec/types.h>
#include <intuition/intuition.h>

struct NewScreen ns = {
                        0,0,
                        640,256,
                        2,
                        0,1,
                        HIRES,
                        CUSTOMSCREEN,
                        NULL,
              (UBYTE *) "My Screen",
                        NULL,
                        NULL };

ULONG IntuitionBase;

main()
{
 ULONG screen;

 if(!(IntuitionBase=OpenLibrary("intuition.library")))
   exit(100);

 screen = OpenScreen (&ns);
}
```

Nachdem exec/types.h und die Intuition-Strukturen eingebunden sind, wird die Screen-Struktur initialisiert und IntuitionBase als ULONG deklariert. IntuitionBase muß global deklariert werden, da sie in den von C eingebundenen Prozeduren (OpenScreen) verwendet werden muß. Dann wird die OpenLibrary()-Funktion der Exec-Library aufgerufen und die Intuition-Library geöffnet. In IntuitionBase wird die Basisadresse der Library gespeichert. Daraufhin wird die OpenScreen-Funktion aufgerufen.

Sehen wir uns wieder an, was der Compiler aus diesem Programm macht. Das eigentliche Compiler-Programm ist etwas umfangreicher und wurde hier bis auf die wichtigsten Teile verkürzt.

```
_ns:                            ;Initialisierung der Screen-Stuktur
  dc.w 0
  dc.w 0
  dc.w 640
  dc.w 256
  dc.w 2
  dc.b 0
  dc.b 1
  dc.w -32768
  dc.w 15
  dc.l $0000
  dc.l .1+0
  dc.l $0000
```

```
dc.l $0000
.1:
dc.b "My Screen",0

global _IntuitionBase,4

_main:

movem.l version,-(sp)        ;Lib. Version in den Stapel
pea *name                    ;Zeiger auf name in Stapel
jsr _OpenLibrary             ;OpenLib-Funktion aufrufen
move.l d0,_IntuitionBase     ;Rückmeldung speichern
tst.l d0                     ;Auf Null testen
bne .5                       ;Nicht Null (ok)
pea 100                      ;Nummer bei Exit
jsr _exit                    ;Exit

.5:

pea _ns                      ;Zeiger auf Screen-Struktur
jsr _OpenScreen              ;Open-Screen-Funktion aufrufen
rts                          ;Rücksprung

_OpenScreen:

move.l 4(sp),a0              ;Zeiger auf Screen-Struktur
move.l _IntuitionBase,a6     ;Basisadresse aus der festen
                             ;Variablen IntuitionBase holen
jmp   -198(a6)               ;Funktion ausführen
_OpenLibrary:

move.l _Sysbase,a6           ;Basisadresse von Exec holen
move.l 4(sp),a1              ;Zeiger auf Namen holen
move.l 8(sp),d0              ;Version aus Stapel holen
jmp   -552(a6)               ;OpenLibrary ausführen
```

Hier können Sie sehen, daß ohne die Deklaration von IntuitionBase das Programm nicht compiliert werden kann, da diese Variable in OpenScreen verwendet wird. Sollte sie deklariert, jodoch nicht richtig (mit OpenLibrary) initialisiert worden sein, stürzt das Programm ab!

2.5.2 Schließen einer Library

Eine Library sollte immer geschlossen werden, wenn sie nicht mehr gebraucht wird, damit das Betriebssystem diese Library entfernen kann und mehr Speicher zur Verfügung steht.

Eine solche Funktion stellt die Exec-Library zur Verfügung. Sie lautet:

CloseLibrary

```
CloseLibrary (library)
              A1
```

Parameter

library
Zeiger auf die offene Library, die geschlossen werden soll.

2.5.3 Weitere Library-Funktionen

RemLibrary

```
Funktion:  Error = RemLibrary(library)
                  D0           A1
Offset: -402
```

Beschreibung
Die Funktion entfernt eine Library-Struktur aus der Library-Liste der ExecBase-Struktur. Nach dem Entfernen der Library ist es nicht möglich, sie mit OpenLibrary() zu öffnen.

Library
Zeiger auf die Library-Struktur.

Error
Gibt an, ob in der Funktion ein Fehler aufgetreten ist. Ist ein Fehler aufgetreten, wird die Fehlermeldung in D0 übergeben, ansonsten wird Error auf Null gesetzt.

OldOpenLibrary

```
Funktion:  Library = OldOpenLibrary(libName)
               D0                      A1
Offset: -408
```

Beschreibung

Die Funktion ist ein Überbleibsel aus der Kickstart-Version 1.0. Sie dient ebenfalls zum Öffnen einer Library, prüft jedoch nicht die Versionsnummer der zu öffnenden Library. Die Funktion wurde nur deshalb in der Exec-Library belassen, da Programme, die mit der Kickstart-Version 1.0 arbeiten, auch mit der Version 1.2 laufen.

2.6 Multitasking

Das Multitasking ist eine der hervorstechendsten Fähigkeiten von Exec. Man versteht darunter die Fähigkeit des Betriebssystems, mehrere Programme gleichzeitig ablaufen zu lassen. Jedes dieser Programme stellt einen sogenannten Task dar. Da der Amiga nur über einen Prozessor verfügt, kann in Wirklichkeit natürlich immer nur ein Task tatsächlich arbeiten. Damit trotzdem der Eindruck eines gleichzeitigen Ablaufs mehrerer Tasks entsteht, wird der 68000er zwischen den Tasks aufgeteilt. Dies kann nur in einem zeitlichen Rahmen geschehen. D.h. jeder Task bekommt den Prozessor für eine bestimmte Zeitspanne. Der Prozessor wird den Tasks im sogenannten Zeitmultiplexverfahren zugeteilt.

Nicht alle Tasks, die sich im Computerspeicher befinden, müssen gleichzeitig ablaufen. Viele von ihnen werden nur im Bedarfsfalle aktiviert. Sie können sonst auf den Druck einer bestimmten Taste, auf eine Mausposition usw. warten. Aus diesen Gründen werden die verschiedenen Tasks in folgende Kategorien (engl. Task-States) eingeteilt:

RUNNING
Dies ist der Task, der gerade den Prozessor belegt. Es befindet sich immer nur ein einziger Task im RUNNING-State.

READY
Alle Tasks, die bereit zum Ablauf sind, den Prozessor zur Zeit aber nicht belegen, befinden sich im READY-State.

WAITING
Tasks im WAITING-State sind all diejenigen, die zur Zeit nicht abgearbeitet werden sollen, da sie auf ein bestimmtes Ereignis warten.

Zusätzlich kann sich ein Task vorübergehend auch in einem der folgenden Zustände befinden:

ADDED
Ein solcher Task wurde gerade zum System hinzugefügt und ist noch nicht in einem der drei obigen Zustände.

REMOVED
Dieser Task ist gerade beendet worden. Er befindet sich nicht mehr in einem der drei oberen Zustände und wird aus dem System entfernt.

EXCEPTION
Eine Task-Exception ist ein besonderer Zustand, in den der Task durch ein bestimmtes Ereignis versetzt werden kann. Nach Bearbeitung dieser Exception kehrt er wieder zu einem der drei oberen Zustände zurück.

Ein Task besteht im wesentlichen aus zwei Elementen: dem eigentlichen Programm und der Task-Struktur. Diese enthält alle Informationen über den Task, die Exec benötigt. Am Besten versteht man die vielfältigen Möglichkeiten eines Tasks, wenn man die Task-Struktur genau betrachtet:

2.6.1 Die Task-Struktur

Die Task-Struktur, wie sie in dem Include-File "exec/tasks.h" eines C-Compilers definiert ist, sieht folgendermaßen aus (Die Zahlen in Klammern bezeichnen die Entfernung eines Elements von der Basisadresse der Struktur):

```
extern struct Task {
  struct Node  tc_Node;
  UBYTE  tc_Flags;          /* (14)
  UBYTE  tc_State;          /* (15) Task state
  BYTE   tc_IDNestCnt;      /* (16) Zähler für Disable() */
  BYTE   tc_TDNestCnt;      /* (17) Zähler für Forbid() */
  ULONG  tc_SigAlloc;       /* (18) Besetzte Signal-Bits */
```

```
    ULONG  tc_SigWait;          /* (22) Auf diese wird gewartet */
    ULONG  tc_SigRecvd;         /* (26) Empfangene Signale */
    ULONG  tc_SigExcept;        /* (30) Exceptions auslösende S.*/
    UWORD  tc_TrapAlloc;        /* (34) Besetzte Trap-Befehle */
    UWORD  tc_TrapAble;         /* (36) Erlaubte Trap-befehle */
    APTR   tc_ExceptData;       /* (38) Daten für Exceptions */
    APTR   tc_ExceptCode;       /* (42) Code für Exceptions */
    APTR   tc_TrapData;         /* (46) Daten für Trap-Handler */
    APTR   tc_TrapCode;         /* (50) Code für Trap-Handler */
    APTR   tc_SPReg;            /* (54) Zwischenspeicher für SP */
    APTR   tc_SPLower;          /* (58) Untere Stack-Grenze */
    APTR   tc_SPUpper;          /* (62) Obere Stack-Grenze +2 */
    VOID   (*tc_Switch)();      /* (66) Task verliert CPU */
    VOID   (*tc_Launch)();      /* (70) Task erhält CPU */
    struct List  tc_MemEntry;   /* (74) Belegter Speicher */
    APTR   tc_UserData;         /* (88) Zeiger auf Task-Daten */
 };
 /*----- Flag-Bits ---------------------------------------*/

 #define TB_PROCTIME    0
 #define TB_STACKCHK    4
 #define TB_EXCEPT      5
 #define TB_SWITCH      6
 #define TB_LAUNCH      7

 #define TF_PROCTIME     (1<<0)
 #define TF_STACKCHK     (1<<4)
 #define TF_EXCEPT       (1<<5)
 #define TF_SWITCH       (1<<6)
 #define TF_LAUNCH       (1<<7)

 /*----- Task Status  ------------------------------------*/

 #define TS_INVALID     0
 #define TS_ADDED       1
 #define TS_RUN         2
 #define TS_READY       3
 #define TS_WAIT        4
 #define TS_EXCEPT      5
 #define TS_REMOVED     6

 /*----- Vordefinierte Signale ---------------------------*/

 #define SIGB_ABORT     0
 #define SIGB_CHILD     1
 #define SIGB_BLIT      4
 #define SIGB_SINGLE    4
 #define SIGB_DOS       8

 #define SIGF_ABORT      (1<<0)
 #define SIGF_CHILD      (1<<1)
 #define SIGF_BLIT       (1<<4)
 #define SIGF_SINGLE     (1<<4)
 #define SIGF_DOS        (1<<8)
```

Wie man sieht, besteht der Kopf einer Task-Struktur aus einer Node-Struktur, wie wir sie im vorangegangenen Kapitel kennengelernt ha-

ben. Der Grund dafür ist, daß Exec die Tasks in zwei verschiedenen Listen verwaltet, jeweils eine für die READY-Tasks und eine für die WAITING-Tasks. Man kann auf eine Task-Liste daher auch prinzipiell Funktionen wie Insert(), Remove() oder FindName() anwenden.

Allerdings existieren eigene Funktionen zur Verwaltung der Task-Listen, die speziell an die Tasks angepaßt sind. Zu jeder Liste gehört bekanntlich auch ein Listen-Kopf. Im Falle der Task-Listen befinden sich diese in der ExecBase-Struktur. Auf diese Struktur soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Sie wird später noch genau beschrieben. Folgende Zeilen zeigen, wie man auf die Task-Listen zugreifen kann:

```
#include <exec/execbase.h>

extern ExecBase *SysBase;

main()
{
struct Task *waiting, *ready, *running;

waiting=(struct Task *)SysBase->TaskWait.lh_Head;
ready=(struct Task *)SysBase->TaskReady.lh_Head;
running=(struct Task *)SysBase->ThisTask;

usw.
}
```

Dieses Programm übergibt in WAITING und READY je einen Zeiger auf die erste Task-Struktur der jeweiligen Liste. Bei RUNNING handelt es sich um einen Zeiger auf den RUNNING-Task. D.h. TaskWait und TaskReady sind Listen-Köpfe, wobei es sich bei ThisTask nur um einen Zeiger handelt. Da es immer nur einen einzigen RUNNING-Task geben kann, existiert hier natürlich keine Liste.

Task-Switching

An dieser Stelle sind jetzt erst einmal ein paar Worte zu dem zentralen Vorgang nötig, der dafür verantwortlich ist, daß mehrere Tasks denselben Prozessor benutzen können: dem Task-Switching. Wie der Name schon sagt, handelt es sich dabei um das Umschalten der verschiedenen Tasks. Befindet sich ein Task einmal in einer der beiden Task-Listen, wird er automatisch in diesen Vorgang mit aufgenommen. Frage Nr.1 beim Task-Switching ist:

Wie werden die Tasks umgeschaltet?
Ein Task weiß nicht, wann er den Prozessor erhält und wieder abgeben muß. Prüft er das ThisTask-Feld in ExecBase, findet er dort immer den Zeiger auf seinen Task, da er dieses Feld ja nur abfragen kann, wenn er gerade die CPU besitzt. In Wirklichkeit kann er aber zu jedem beliebigen Zeitpunkt unterbrochen werden. Ausgelöst wird der ganze Vorgang von einem Interrupt, der auftritt, wenn der Task den ihm zustehenden Anteil an Rechenzeit verbraucht hat oder wenn ein wichtiger Task sofort abgearbeitet werden muß. Die Switch-Routine des Betriebssystems erledigt das eigentliche Umschalten. Im Gegensatz zum Task, der immer im User-Mode des 68000er läuft, wird die Switch-Routine im Supervisor-Modus abgearbeitet. Zuerst werden die Prozessorregister D0-D7 und A0-A6 auf dem Task-Stack gesichert. Der User-Stack-Pointer kommt dann in das tc_SPReg-Feld der Task-Struktur, und zuletzt kommen noch Statusregister und Programmzähler auf den User-Stack. Sie wurde vom 68000 durch den Interrupt automatisch auf den Supervisor-Stack gelegt. Dann wird der Task in die READY-Liste übernommen.

Der neue Task stammt entweder aus der READY- oder WAITING-Liste. Er wird jetzt dort entfernt und statt dessen in das ThisTask-Feld eingetragen. Danach werden erst sein Stackpointer aus seinem tc_SPReg-Feld und anschließend seine Register von seinem Stack geholt. Exec verläßt die Switch-Routine am Ende mit einem RTE. Damit wird automatisch der neue Task bearbeitet.

Dies war selbstverständlich nur eine grobe Zusammenfassung des Ablaufs der Switch-Routine. Tatsächlich werden noch Daten ausgetauscht und Sonderfälle überprüft.

Wenn sich der Task im EXCEPTION-State befindet, kann es vorkommen, daß die Switch-Routine vor bzw. nach dem Umschalten noch die Routinen aufruft, deren Adressen in den tc_Launch- und tc_Switch-Einträgen der Task-Struktur gespeichert sind. Aber wie gesagt, der gesamte Umschaltvorgang läuft automatisch ab. Sie brauchen sich darum nicht zu kümmern.

Wann werden die Tasks umgeschaltet?
Formuliert man die Frage anders, lautet sie: Welchen Anteil der Rechenzeit bekommt ein bestimmter Task? Das Verteilen der Rechenzeit heißt Task-Scheduling. Als Grundlage dafür verwendet Exec das ln_Pri-Feld der List-Node-Struktur am Anfang der Task-Struktur.

Allgemein gilt, je höher die Priorität eines Tasks, desto mehr Rechenzeit bekommt er, d.h desto schneller wird er abgearbeitet. Exec beginnt mit dem Task mit der höchsten Priorität. Er bekommt für eine bestimmte Zeitspanne den Prozessor. Danach wird die Rechenzeit, die er verbraucht hat, von seiner relativen Priorität im Vergleich zu den READY-Tasks abgezogen. Damit ist er jetzt nicht mehr der Task mit der höchsten Priorität, und so kommt der nächste Task an den Prozessor. Dieses Verfahren stellt sicher, daß auch Tasks mit einer niedrigen Priorität ab und zu einmal den Prozessor bekommen und zeitkritische Tasks, die den Prozessor zwar sofort, aber nur für eine kurze Zeitspanne benötigen, den anderen vorgezogen werden.

Die Priorität kann wie üblich Werte zwischen -128 und 127 annehmen. Ein normaler Task sollte die Priorität 0 erhalten. Dies ist auch die Priorität eines CLI-Tasks. Die übrigen Tasks des Betriebssystems bewegen sich zwischen -20 und 20, es ist also nicht nötig, extreme Werte in das tc_Node.ln_Pri-Feld einer Task-Struktur zu schreiben.

Ein weiteres Feld der Task-Struktur ist tc_Node.ln_Name. Es enthält einen Zeiger auf den Namen des Tasks (siehe Kapitel über Listen). Damit wird das Auffinden eines bestimmten Tasks erleichtert.

Das tc_State-Feld enthält den Task-State. Folgende Werte sind den verschiedenen States zugeordnet:

```
UNGÜLTIG  = 0
ADDED     = 1
RUNNING   = 2
READY     = 3
WAITING   = 4
EXECPTION = 5
REMOVED   = 6
```

Um besser verstehen zu können, wie das Task-Switching arbeitet, folgt an dieser Stelle die Dokumentation der Wait-Funktion, von der aus ein anderer Task gestartet wird.

```
>= D0 = Bit-Maske für Signal-Bits
>= A6 = Zeiger auf ExecBase
fc1ed0 move.l  276(A6),A1         Zeiger auf eigenen Task
fc1ed4 move.l  D0,22(A1)          Eintragen der Signal-Bits
fc1ed8 move.w  #$4000,$dff09a     Disable-
fc1ee0 addq.b  #1,294(A6)         Macro
fc1ee4 bra.s   $fc1f1a            Unbedingter Sprung
fc1ee6 move.b  #$04,15(A1)        Task-Status auf Wait
fc1eec lea     420(A6),A0         Zeiger auf Wait-Liste
fc1ef0 lea     4(A0),A0           Zeiger auf lh_Tail
fc1ef4 move.l  4(A0),D0           Zeiger auf letzte Node holen
```

```
fc1ef8 move.l  A1,4(A0)        Task ans Ende der Liste legen
fc1efc move.l  A0,(A1)         und richtig
fc1efe move.l  D0,4(A1)
fc1f02 move.l  D0,A0
fc1f04 move.l  A1,(A0)         verketten
fc1f06 move.l  A5,A0           A5 retten
fc1f08 lea     -54(A6),A5      Zeiger auf Switch-Funktion
fc1f0c jsr     -30(A6)         Supervisor()
```

Nach dem Aufruf der Supervisor-Funktion wird die Switch-Routine aufgerufen.

```
fc1f10 move.l  A0,A5           A5 zurückholen
fc1f12 move.l  276(A6),A1      Jetziger Task nach A1
fc1f16 move.l  22(A1),D0       Signal-Bits holen, auf die
                               gewartet wird
fc1f1a move.l  26(A1),D1       Empfangene Signale holen
fc1f1e and.l   D0,D1           Ist ein Signal, auf das
                               gewartet wird, angekommen?
fc1f20 beq.s   $fc1ee6         Nein, nichts angekommen
fc1f22 eor.l   D1,26(A1)       Angekommene Signal-Bits
                               löschen
fc1f26 subq.b  #1,294(A6)      Enable -
fc1f2a bge.s   $fc1f34
fc1f2c move.w  #$c000,$dff09a  Macro
fc1f34 move.l  D1,D0           Angekommene Signale nach D0
fc1f36 rts                     Rücksprung
```

Der Task-Stack

Neben der Task-Struktur benötigt der Task auch einen Stack. Dies ist, wie schon erwähnt, ein User-Stack. Tc_SPLower enthält die untere, tc_SPUpper die obere Grenze des Stacks (zur Erinnerung: Ein Stack wächst immer von oben nach unten, d.h. von den hohen Adressen zu den niedrigen).

Die Adresse in tc_SPReg wird als Speicher für den Stack-Zeiger auf den Registerstapel verwendet. Hier werden die Register sowie die Rücksprungadresse des Tasks abgelegt, wenn er im WAITING-Modus steht.

Normalerweise setzt man tc_SPReg = tc_SPUpper. Man kann tc_SPReg aber auch auf eine beliebige Adresse zwischen tc_SPUpper und tc_SPLower setzen. Dann kann man den Bereich zwischen tc_SPReg und tc_SPUpper als Speicher für globale Variablen oder ähnliches benutzen.

Noch ein Wort zu tc_SPUpper:

Tc_SPUpper zeigt auf die obere Grenze des Stacks, damit ist die erste Adresse nach dem Stack-Bereich gemeint. Das Wort an der letzten Position im Stack hat daher die Adresse tc_SPUpper minus 2.

Da Exec beim Task-Switching die Register auf dem Taskstack zwischenspeichert, muß dieser eine Mindestgröße von 70 Bytes haben. Dann darf der Task aber weder Variablen noch Rücksprungadressen auf den Stack legen. Da aber besonders C-Programme reichlich vom Stack Gebrauch machen, sollte man ihn mit mindestens einem KByte bemessen.

Da ein Task aus verschiedenen Elementen, Task-Struktur, Stack, Programm usw. besteht, muß man auch mehr oder weniger Speicher für ihn reservieren. Es besteht daher die Möglichkeit, eine Liste, die all den belegten Speicher des Tasks enthält, in der Task-Struktur unterzubringen. Das tc_MemEntry-Feld enthält den zugehörigen Listenkopf. Wir wollen in diesem Kapitel auf diese Möglichkeit nicht weiter eingehen, da der Aufbau einer solchen Speicher- oder MemList erst später erkärt wird.

Sehen wir uns den den Registerstapel einmal genauer an.

Der Aufbau des Registerstapels wird deutlich, wenn man sich die Dispatch-Funktion des Exec ansieht. Es muß beachtet werden, daß die Dispatch-Funktion im Supervisormodus läuft und deshalb mit einem RTE abgeschlossen wird.

Wenn die folgenden Befehle durchlaufen werden, steht in A5 der Zeiger auf den Registerstapel (tc_SPReg). Mit dem RTE wird der Task gestartet, dessen Register geholt werden.

```
fc0fa6 lea       66(A5),A2        Stapelzeiger für Task holen
fc0faa move      A2,USP           Stapelzeiger setzen
fc0fac move.l    (A5)+,-(A7)      Rücksprungadresse setzen
fc0fae move.w    (A5)+,-(A7)      Statusregister setzen
fc0fb0 movem.l   (A5),A6-A0/D7-D0 Task-Register holen
fc0fb4 rte                        Einsprung in Task
```

Somit ergibt sich diese Stapelbelegung:

Offset	Erklärung
00	Rücksprungadresse
04	Statusregister
06 bis 37	Register D0 bis D7
38 bis 65	Register A0 bis A6

Ab Offset 66 beginnt der Task-Stapel. Danach folgt der "normale" Stapel des Tasks.

Die Rücksprungadresse zeigt bei Tasks, die auf Wait stehen, auf das Ende der Supervisor-Funktion (auf RTS). Wird der RTS durchlaufen, wird die erste Rücksprungadresse aus dem Stapel geholt. Diese zeigt bei einem solchen Task auf $FC1F10 (Kick 1.2). Diese Adresse befindet sich innerhalb der Wait-Funktion, die nun prüft, welche Task-Signale eingegangen sind, und den Task gegebenenfalls aktiviert.

Da die Wait-Funktion über einen JSR aufgerufen wurde, wird sie entsprechend mit einem RTS abgeschlossen. Die letztendliche Rücksprungadresse befindet sich somit bei Offset 74 von der Adresse ausgehend, auf die tc_SPReg (Offset 54 in der Task-Struktur) zeigt.

Erlauben und Verbieten des Task-Switchings

Es kann manchmal störend sein, daß ein Task zu jedem beliebigen Zeitpunkt den Prozessor verlieren kann. Stellen Sie sich vor, Sie wollen die Liste der WAITING-Tasks auf dem Bildschirm ausgeben. Aber während Ihr Programm Eintrag für Eintrag liest, wechselt ein READY-Task zum WAITING-State oder umgekehrt. Dann sind die gelesenen Werte falsch. Daher gilt grundsätzlich: Immer wenn ein Task auf Datenstrukturen zugreift, die entweder dem gesamten System oder bestimmten anderen Tasks offenstehen, muß vorher das Task-Switching abgeschaltet werden, damit die Daten während des Zugriffs nicht von einem anderen Task oder dem Betriebssystem verändert werden können.

Forbid( ) und Permit( )

Diese beiden Routinen stellen die erste Stufe der oben erwähnten Abschaltung dar. Forbid() sperrt das Task-Switching, Permit() erlaubt es wieder. Beide Routinen werden ohne Parameter aufgerufen und geben auch keine Werte zurück (C-Typ: void).

Disable( ) und Enable( )

Oft reicht es nicht aus, nur das Task-Switching abzuschalten. Denn viele Datenstrukturen des Systems werden von Exec innerhalb von Interrupts verändert. Daher kann man sämtliche Interrupts mit Disable() verbieten und mit Enable() wieder erlauben. Aber Vorsicht! Ein Verbot des Task-Switchings, auch über längere Zeit hinweg, schadet

nicht. Anders ist es bei den Interrupts. Ihr regelmäßiges Auftreten ist für Exec lebenswichtig. Sperrt man die Interrupts für längere Zeit, kann dies zu einem Systemzusammenbruch führen, wenn man später wieder zum Multitasking zurückkehren will. Während eines Disable() ist der Task völlig ungestört, da durch das Abschalten der Interrupts auch kein Task-Switching mehr stattfindet.

Es ist auch möglich, mehrere Forbid()- oder Disable()-Aufrufe ineinander zu verschachteln. Es existieren zwei Zähler: TDNestCnt und IDNestCnt (Task Disable Nesting Counter und Interrupt Disable Nesting Counter). Mit jedem Aufruf von Forbid() wird TD_NestCnt um 1 erhöht, bei Permit() um 1 erniedrigt. Task-Switching ist möglich, wenn TDNestCnt < 0 ist. Dies bedeutet, daß die Anzahl der Permit()-Aufrufe gleich derjenigen der Forbid() sein muß, bevor das Task-Switching wieder erlaubt wird.

Gleiches gilt für Enable() und Disable().

Folgendes Programm zeigt die Verwendung der Enable()- und Disable()-Funktionen. Es liest die Zeiger auf sämtliche Task-Strukturen der READY- und WAITING-Tasks in ein Feld, während die Interrupts mittels Disable() abgeschaltet sind. Danach werden sie wieder erlaubt (Enable()) und mittels der im Feld gespeicherten Zeiger werden die wichtigen Felder der Task-Strukturen, wie Name, Stack und Priorität auf dem Bildschirm ausgegeben.

Das Programm zeigt auch sehr schön, welche Tasks beim Amiga immer vorhanden sind. Experimentieren Sie mit den Befehlen NEWCLI, RUN oder SETTASKPRI. Auch der RUNNING-Task wird mit ausgegeben, logischerweise ist dies immer der Task, von dem unser Programm aufgerufen wurde.

```
#include <exec/execbase.h>
struct ExecBase *SysBase;
main()
{
register struct Task *a_task;
APTR run, tnodes[50], wtask, !task;
void o1(),o2();
register APTR Anode;

Disable();

Anode = tnodes;
```

```
run = (APTR)SysBase->ThisTask;

for(a_task=(struct Task *)SysBase->TaskReady.lh_Head;
 a_task->tc_Node.ln_Succ;
 *Anode=(APTR)a_task,Anode++,
 a_task=a_task->tc_Node.ln_Succ);
wtask=Anode;

for(a_task=(struct Task *)SysBase->TaskWait.lh_Head;
 a_task->tc_Node.ln_Succ;
 *Anode=(APTR)a_task,Anode++,
 a_task=a_task->tc_Node.ln_Succ);
ltask=Anode;

Enable();

printf("\nTask in the running state:\n");o1();o2(run);

printf("\nTask(s) in the ready state:\n");o1();
for(Anode=tnodes;Anode!=wtask;o2(*Anode),Anode++);

printf("\nTask(s) in the waiting state:\n");o1();
for(;Anode!=ltask;o2(*Anode),Anode++);

}

void o1()
{
printf
("Stackadress Stacksize Priority  Signals  Name\n");
printf
("---------- --------- -------- --------- ------------\n");
}

void o2(at)
register struct Task *at;
{
printf("%10lx%10lx%8ld%11lx  %s\n",at->tc_SPLower,
 (ULONG)at->tc_SPUpper - (ULONG)at->tc_SPLower -2L,
 (LONG)at->tc_Node.ln_Pri,
 at->tc_SigWait,at->tc_Node.ln_Name);
}
```

Da das Programm lediglich die Zeiger auf die Task-Strukturen sichert, nicht aber den Inhalt dieser Strukturen, besteht immer noch eine potentielle Fehlermöglichkeit, wenn ein Task während der Ausgabe der Werte gelöscht wird. Da dies aber so gut wie nie vorkommt und es ein riesiger Mehraufwand wäre, alle Task-Strukturen zwischenzuspeichern, wurde im Programm darauf verzichtet. Durch Abändern der o1()- und o2()-Routinen kann man auch andere Felder der Task-Strukturen ausgeben. Experimentieren Sie ruhig.

Erzeugen neuer Tasks

Nachdem soviel über Tasks und Task-Strukturen geredet wurde, soll jetzt ein neuer Task kreiert werden. Was wird dafür benötigt? Zuerst eine Task-Struktur, dann ein Stack, der Task-Name, denn die Task-Struktur enthält ja nur einen Zeiger auf den eigentlichen Namen, und zuletzt noch ein Programm, den eigentlichen Task.

Hier tauchen jetzt einige Probleme auf. Es wird eigener Speicher für den Task benötigt, denn er soll ja auch nach Beendigung des Programms, das ihn erzeugt hat, im Speicher bleiben. Um das Proramm nicht komplizierter als nötig zu machen, werden Task-Struktur, Task-Name und Stack zum neuen Strukturtyp "alltask" zusammengefaßt, für den dann ein gemeinsamer Speicherblock belegt wird.

Der eigentliche Task ist als normale C-Funktion mit dem Namen "code" geschrieben. Er macht nichts weiter als einen Zähler hinaufzuzählen, bis dieser den Wert $FFFFFF erreicht hat. Dafür benötigt er allerdings einige Minuten. Danach endet der Task. Seine Anwesenheit bemerkt man an der Verlangsamung des Amiga, da unser Task ja auch seinen Anteil an Rechenzeit bekommt. Oder man verwendet das vorangegangene Beispielprogramm, das alle Tasks auflistet. Unser Task erscheint als READY-Task mit dem Namen "Beispiel-Task".

Um die code-Funktion an ihre engültige Speicherposition zu kopieren, wird ihr Name als Zeiger auf ihre Adresse verwendet. Die Funkiton "end" dient nur dazu, die Endadresse der code-Funktion zu erhalten, Da es in C keine Möglichkeit gibt, den Speicherbedarf einer Funktion zu ermitteln, wird er durch Bildung der Differenz aus Anfangs- und Endadresse errechnet.

Auf eine Freigabe des belegten Speichers wurde verzichtet, um das Programm nicht noch komplizierter zu machen. Es handelt sich dabei auch nur um knapp ein KByte.

```
/****  Erzeugen eines Tasks  ****/

#include <exec/types.h>
#include <exec/Tasks.h>
#include <exec/memory.h>

#define STACK_SIZE 500          /* Größe des Stacks */

main()
{
void code(),end();
APTR mycode, AllocMem();
```

```
static char Taskname[] = "Beispiel-Task";
register APTR c1,c2;

struct alltask {
struct Task tc;
char   Name[sizeof(Taskname)], Stack[STACK_SIZE];
} *mytask;

mytask = AllocMem((ULONG)sizeof(*mytask),
  MEMF_PUBLIC|MEMF_CLEAR);
if(mytask==0)
{printf("Kein Speicher fuer die AllTask-Struktur!\n");
 return(0);
}

mycode = AllocMem((ULONG)end-(ULONG)code,MEMF_PUBLIC);
if(mycode==0)
{FreeMem(mytask,(ULONG)sizeof(*mytask));
printf("Kein Speicher fuer den Task-Code!\n");
return(0);
}

strcpy(mytask->Name,Taskname);

mytask->tc.tc_SPLower=mytask->Stack;
mytask->tc.tc_SPUpper=mytask->Stack+STACK_SIZE;
mytask->tc.tc_SPReg=mytask->tc.tc_SPUpper;

mytask->tc.tc_Node.ln_Type=NT_TASK;
mytask->tc.tc_Node.ln_Name=mytask->Name;

for(c1=code,c2=mycode;c1<=end;*c2++=*c1++);

AddTask(mytask,mycode,0L);
}

/*** Die Funktion "code" ist der eigentliche Task ***/

void code()
{
ULONG count;

for(count=0;count<0xffffff;count++);
}

void end(){}
```

Wie man sieht, müssen nur wenige Felder der Task-Struktur initialisiert werden:

tc_SPLower mit der unteren Stack-Grenze
tc_SPUpper und tc_SPReg mit der oberen Stack-Grenze
tc_Node.ln_Type mit dem Listentyp NT_TASK

Auf den Namen kann man auch verzichten. Eine wesentliche Funktion wurde in diesem Programm zum erstenmal verwendet:

```
AddTask(task, initialPC, finalPC)
```

Diese Funktion fügt einen neuen Task zum System hinzu. Normalerweise wird der neue Task sofort zur READY-Liste hinzugefügt. Sie benötigt folgende Parameter:

task
Zeiger auf eine Task-Struktur, in der mindestens die vier oben erwähnten Felder initialisiert sein sollten.

initialPC
Adresse, bei der die Abarbeitung des Task-Programms beginnen soll, in unserem Beispiel die Anfangsadresse der code-Funktion an ihrer endgültigen Adresse, die in mycode gespeichert ist.

finalPC
FinalPC enthält die Adresse, die angesprungen wird, wenn der Task einen RTS-Befehl ausführt. Man kann hier die Adresse einer Routine einsetzen, die den belegten Speicher zurückgibt, geöffnete Files schließt usw. Gibt man einfach 0 als finalPC an (wie in unserem Beispiel), verwendet Exec seine Standard-FinalPC-Routine. Diese gibt den Speicher frei, auf den das tc_MemEntry-Feld der Task-Struktur zeigt. Danach entfernt sie den Task aus den Systemlisten.

Beenden eines Tasks

Die Beschreibung von finalPC bringt uns auf das nächste Thema. Wie wird ein Task beendet? Folgende Möglichkeiten existieren:

1. Der Task erreicht einen RTS-Befehl, der nicht den Rücksprung eines Task-eigenen JSR oder BSR darstellt. Dann läuft der unter finalPC geschilderte Vorgang ab.
2. Es tritt eine 68000er-Exception auf, die nicht vom Task gehandhabt wird, z.B. ein Bus- oder Adreß-Error, Division by Zero usw. Exec erzeugt dann seine "Software Error - Task Held"-Meldung oder eine Guru-Meditation. Am Ende dieses Kapitels wird übrigens gezeigt, wie man solche Fehler auffangen kann.
3. Ein Aufruf der RemTask-Funktion, die den Task aus dem System entfernt.

2.6.2 Task-Funktionen

Für das Erzeugen und Löschen von Tasks und die Verwaltung der Task-Listen gibt es einige Funktionen im Exec:

AddTask

```
Funktion: AddTask(task, initialPC, finalPC)
                  A0    A1         A2
Offset: -282
```

Beschreibung

AddTask fügt einen neuen Task zum System hinzu.

Parameter

task

Zeiger auf eine Task-Struktur. Die Felder Tc_SPUpper, tc_SPLower, tc_SPReg und tc_Node.ln_Type sollten vorher korrekt initialisiert werden.

initialPC

Adresse, bei der Abarbeitung des Task-Programms begonnen wird.

finalPC

Rücksprungadresse, die vor Beginn des Tasks auf den Stack gelegt wird. Führt der Task ein überzähliges RTS aus, wird diese Adresse angesprungen. Ist finalPC auf 0, setzt Exec die Adresse seiner Standard-finalPC-Routine ein.

FindTask

```
Funktion: Task = FindTask(Name)
          D0             A1
Offset: -294
```

Beschreibung

FindTask durchsucht die Task-Listen nach einem Task mit dem angegebenen Namen und gibt, wenn es einen solchen findet, einen Zeiger auf dessen Struktur zurück. Gibt man 0 als Name an, bekommt man in Task einen Zeiger auf die Task-Struktur des eigenen Tasks.

Parameter

Name
Zeiger auf den Namen des zu suchenden Tasks oder 0.

Ergebnis

Task
Zeiger auf die Task-Struktur des gesuchten Tasks.

RemTask

```
Funktion: RemTask(Task)
                  A1
Offset:-288
```

Beschreibung

RemTask entfernt einen Task aus dem System. Zeigt das tc_MemEntry-Feld auf eine MemEntry-Liste, wird diese freigegeben. Alle sonst noch vom Task belegten Systemressourcen müssen vorher dem System zurückgegeben werden.

Parameter

Task
Zeiger auf die Task-Struktur des zu entfernenden Tasks. Ist Task = 0, wird der eigene Task gelöscht. Nachdem der eigene Task gelöscht wurde, wird in die Switch-Funktion von Exec verzweigt.

SetTaskPri

```
Funktion: altePriorität = SetTaskPri(Task, neuePriorität)
                          D0                 A1    D0
Offset: -300
```

Beschreibung

SetTaskPri gibt die alte Priorität eines Tasks zurück und setzt sie dann auf den neuen Wert. Dabei wird noch ein sog. RESCHEDULING ausgeführt, dies bedeutet, daß die Rechenzeiten der einzelnen Tasks auf Grund der geänderten Priorität neu verteilt werden. Setzt man mit SetTaskPri einen Task auf eine hohe Priorität, bekommt er meistens den Prozessor sofort.

Parameter

task
Zeiger auf die Task-Struktur des Tasks.

neuePriorität
Neue Priorität des Tasks (in den unteren 8 Bits von D0).

Ergebnis

altePriorität
Alte Priorität des Tasks (in den unteren 8 Bits von D0).

Forbid

```
Funktion: Forbid()

Offset: -132
```

Beschreibung
Verbieten des Task-Switching und erhöhen des TDNestCnt.

Permit

```
Funktion: Permit()

Offset: -138
```

Beschreibung

Herunterzählen des TDNestCnt und Task-Switching wieder erlauben, wenn TDNestCnt < 0 ist.

Disable

```
Funktion: Disable()

Offset: -120
```

Beschreibung

Verbieten aller Interrupts und Erhöhen des IDNestCnt.

Enable

```
Funktion: Enable()

Offset: -126
```

Beschreibung

Herunterzählen des IDNestCnt und Interrupts wieder erlauben, wenn IDNestCnt < 0 ist.

2.6.3 Kommunikation zwischen Tasks

Nicht jeder Task ist dafür geschaffen, sein Dasein als Einzelgänger zu fristen. Er will Daten mit anderen Tasks austauschen. Meistens handelt es sich dabei um Ein-/Ausgabe-Vorgänge, denn die Routinen, die die verschiedenen Ein- und Ausgabegeräte wie Tastatur, Bildschirm oder Diskette steuern, sind als eigene Tasks ausgelegt.

Es wurde ja schon erwähnt, daß manche Tasks nur auf Signale anderer Tasks warten, um in Aktion zu treten. Und diese Signale sind auch das Thema des nächsten Abschnitts.

2.6.3.1 Die Task-Signale

Jeder Task besitzt 32 Signal-Bits, damit ist er in der Lage, verschiedene Ereignisse zu unterscheiden. Jeder Task kann diese Signale beliebig verwenden. Ein bestimmtes Signal mag für zwei verschiedene Tasks eine völlig andere Bedeutung haben. Allerdings benutzen einige Systemfunktionen, z.B. aus Intuition, bestimmte Signale für ihre Mitteilungen. Will ein Task eines seiner Signale benutzen, muß er es daher zuerst besetzen. Dies geschieht mit der AllocSignal-Funktion. Normalerweise sind die unteren 16 Bits für Systemfunktionen reserviert, damit bleiben noch 16 weitere für die freie Benutzung übrig.

Man kann mit AllocSignal() ein bestimmtes Signal besetzen, indem man die Nummer des gewünschten Signals als Argument übergibt, oder man läßt AllocSignal selbst das nächste freie Signal suchen, indem man -1 angibt.

Als Ergebnis erhält man immer die Nummer des gewünschten Signals, falls es vorher noch nicht besetzt war, oder aber -1 als Fehlermeldung. AllocSignal(-1) gibt nur -1 zurück, wenn überhaupt kein Signal mehr frei war. Das folgende kleine C-Programm besetzt das nächstbeste freie Signal mit der AllocSignal-Funktion:

```
Signal=AllocSignal(-1L);
Signal<0 ?
printf("Keine freien Signale mehr vorhanden!"):
printf("Das Signal Nummer %ld wurde besetzt!",(long)Signal);
```

Es gibt zwei Möglichkeiten, ein bestimmtes Signal anzugeben: Entweder man gibt seine Nummer an, dies ist eine Zahl zwischen 0 und 31, die der Bit-Nummer des entsprechenden Signals entspricht, oder man gibt das gesamte Signallangwort an. In dieser sogenannte Signalmaske spiegelt der Zustand eines Bits dann den des entsprechenden Signals wider. Der Vorteil bei der Angabe der gewünschten Signale in Form einer Signalmaske ist, daß man mehrere Signale auf einmal wählen kann. AllocSignal gibt die Signalnummer zurück. Um von ihr zur Signalmaske zu kommen, muß man das Bit an der durch die Signalnummer bezeichneten Bit-Posiiton setzen. Dies kann in C folgendermaßen geschehen:

```
Signalmaske=1<<Signalnummer;
```

In Maschinensprache genügt:

```
MOVE.W Signalnummer,D0
MOVE.L Signalmaske,D1
BSET D0,D1
```

wobei Signalmaske und Signalnummer jeweils die Adresse des jeweiligen Wertes darstellen (nicht den Wert selbst).

Die besetzten Signale eines Tasks werden im tc_SigAlloc-Feld der Task-Struktur in Form einer Signalmaske gespeichert.

Warten auf Signale

Die wesentliche Funktion eines Signals ist, daß ein Task darauf warten kann. Dieser Ausspruch hört sich seltsam an, ist aber korrekt. Nehmen wir an, ein Task wartet auf eine bestimmte Taste.

Prinzipiell könnte er dies in Form einer Schleife tun. Dann würde er aber unnötig Rechenzeit verbrauchen, ohne tatsächlich etwas getan zu haben. Um dies zu verhindern, kann ein Task auf ein Ereignis, z.B. eine Taste, mit Hilfe der Task-Signale warten. Jeder Task kann auf seine Signale warten. Während er wartet, kommt er in die schon erwähnte WAITING-Liste und benötigt so keine Rechenzeit.

Um einen Task auf eines seiner Signale warten zu lassen, gibt es die Wait-Funktion. Sie benötigt nur ein einzigen Parameter, nämlich eine Signalmaske, die alle Signale enthält, auf die gewartet werden soll. Es ist somit möglich, auf mehrere Signale gleichzeitig zu warten. Sobald eines der angegebenen Signale von einem anderen Task gesetzt wird, kehrt die Wait-Funktion zurück und übergibt als Ergebnis eine Signalmaske, die das (oder auch die) aufgetretene(n) Signal(e) enthält. Mittels AND-Verknüpfungen zwischen den gewünschten Signalen und der von Wait() zurückgegebenen Signalmaske kann man feststellen, welches der Signale, auf die man gewartet hat, tatsächlich aufgetreten ist.

Das folgende hypothetische Beispielprogramm in C soll dies demonstrieren:

```
unsigned long Signale;
Signale=Wait(Taste|Mausknopf|Menue);
if(Signale & Taste){                    /* Taste gedrückt */ }
if(Signale & Mausknopf){                /* Mausknopf gedrückt */ }
if(Signale & Menue){                    /* Menuepunkt aktiviert */ }
```

Ist eines der gewünschten Sigale schon vor dem Aufruf gesetzt, kehrt Wait() sofort ins Programm zurück. Die Sigale, auf die ein Task wartet, werden in seinem tc_SigWait-Feld gespeichert, diejenigen, die er empfangen hat, in tc_SigRecvd.

Hat man vor dem Aufruf einer Wait-Funktion das Task-Switching oder die Interrupts abgeschaltet, werden sie durch die Wait-Funktion wieder erlaubt. Erst wenn Wait() wieder ins Programm zurückkehrt, wird der verbotene Zustand erneut hergestellt.

Bewerkstelligt wird dies, indem bei einem Wait()-Aufruf die Inhalte der beiden Zähler TDNestCnt und IDNestCnt in die zugehörigen Felder der Task-Struktur übertragen werden:

```
tc_TDNestCnt und tc_IDNestCnt.
```

Es gibt fünf wesentliche Routinen im Zusammenhang mit den Tasksignalen. Wobei SetSignals() vom normalen Anwender nicht benötigt wird.

Die Signal-Funktionen

AllocSignal

```
Funktion: Signalnummer= AllocSignal(Signalnummer)
                    D0                          D0
Offset: -330
```

Beschreibung

Mittels der AllocSignal-Funktion kann man eines der Task-Signale besetzen. Gibt man statt der Nummer des zu besetzenden Signals -1 an, sucht AllocSignal das nächste freie Signal und belegt dieses. Ist das gewünschte Signal schon besetzt, gibt AllocSignal -1 zurück.

AllocSignal läßt sich nur auf die Signale des eigenen Tasks anwenden und sollte nicht innerhalb einer Exception aufgerufen werden.

Parameter

Signalnummer
Nummer des zu besetzenden Signals (0 - 31) oder -1 für das nächste freie Signal.

Ergebnis

Signalnummer
Nummer des besetzten Signales oder -1, wenn das gewünschte Signal (oder alle Signale bei AllocSignal(-1)) schon belegt war.

FreeSignal

```
Funktion: FreeSignal(Signalnummer)
                     D0
Offset: -336
```

Beschreibung
FreeSignal() ist die Umkehrfunktion zu AllocSignal. Das Signal mit der angegebenen Signalnummer wird freigegeben. Wie AllocSignal() sollte FreeSignal() nicht aus einer Exception heraus aufgerufen werden.

Parameter

Signalnummer
Nummer des freizugebenden Signals (0-31).

SetSignals

```
Funktion: AlteSignale = SetSignals(NeueSignale,Maske)
          D0                       D0          D1
Offset: -306
```

Beschreibung
SetSignals() überträgt den Zustand derjenigen Signale, deren zugehörige Bits in der Maske gesetzt sind, aus NeueSignale in die Task-Signale (tc_SigRecvd). Ist ein Bit in NeueSignale und der Maske gleich 1, wird das zugehörige Task-Signal gesetzt. Ist es in NeueSignale 0

und die Maske 1, wird es gelöscht. Ist ein Masken-Bit = 0, bleibt das entsprechende Task-Signal unbeeinflußt.

Parameter

NeueSignale
Enthält den neuen Zustand der Signale.

Maske
Bestimmt, welche Signal-Bits geändert werden.

Ergebnis

AlteSignale
Gibt den alten Zustand der Task-Signale wieder.

SetSignals(0L,0L)
Liefert die Signale ohne sie zu verändern.

Signal

```
Funktion: Signal(Task, Signale)
                 A1     D0
Offset: -324
```

Beschreibung

Mit dieser Funktion kann man die Signale eines anderen Tasks setzen. Diese Funktion ist die Kernfunktion des Signalsystems, denn mit ihr ist die Signalübermittlung von Task zu Task möglich. Hat der Empfänger-Task auf eines der gesendeten Signale gewartet, kehrt er wieder zum Ready- oder Running-State zurück. Diese Funktion wird hauptsächlich vom Message-System benutzt, das im nächsten Kapitel besprochen wird.

Parameter

Task
Zeiger auf die Task-Struktur des Empfänger-Tasks.

Signale
Signalmaske, die die zu übermittelnden Signal-Bits enthält.

Wait

```
Funktion: Signale= Wait(Signalmaske)
                    D0        D0
Offset: -318
```

Beschreibung
Wait wartet auf die Signale in der angegebenen Signalmaske. Dies bedeutet, daß der Task solange in den Waiting-State versetzt wird, bis eines der Signale von einem anderen Task oder einem Interrupt gesetzt wird. War eines der Signale schon vor Aufruf der Wait-Funktion gesetzt, kehrt Wait sofort wieder ins Programm zurück. Als Ergebnis übergibt Wait eine Signalmaske, die alle aufgetretenen Signale enthält, auf die gewartet wurde.

Achtung: Die Funktion darf nur im USER-Mode aufgerufen werden.

Parameter

Signalmaske
Auf die Signale in dieser Signalmaske wird gewartet.

Ergebnis

Signale
Die Signale aus der Signalmaske, die empfangen wurden.

2.6.3.2 Das Message-System

Die Task-Signale bilden die Grundlage für ein weiteres Kommunikationssystem zwischen Tasks, dem sogenannten Message-System. Dieses erlaubt nicht nur die Übergabe von Signalen, sondern auch das Senden und Empfangen von Mitteilungen, die beliebige Daten enthalten können. Auch die automatische Bildung von Warteschlangen, falls der Empfänger nicht schnell genug auf eine Nachricht reagieren kann, ist bei diesem System implementiert. Als Basis für diese Art der Kommu-

nikation dient ein sogenannter Message-Port. Dies ist wieder eine Datenstruktur. In C hat sie folgendes Format (exec/ports.h):

```
struct MsgPort {
  struct Node mp_Node;
  UBYTE mp_Flags;              /*(14) Flags für Aktionsmodus */
  UBYTE mp_SigBit;             /*(15) Signal-Bit des Tasks */
  struct Task *mp_SigTask;     /*(16) Zeiger auf Empfänger-Task */
  struct List mp_MsgList;      /*(20) Listenkopf der Message-List*/
};
```

Ein Message-Port ist eine Sammelstelle für Nachrichten (engl. Messages) an einen Task (oder Software-Interrupt). Jeder Task kann Daten an einen Message-Port senden, aber nur ein Task wird von den angekommenen Mitteilungen informiert.

Die Felder einer Message-Port-Struktur haben folgende Bedeutung:

mp_Node
Node-Struktur, wie sie in Kapitel 1 vorgestellt wurde. In ihrem ln_Name-Feld wird wieder ein Zeiger auf den Namen des Message-Ports gespeichert. Dies erleichtert das Auffinden eines bestimmten Message-Ports.

Der Node-Typ in ln_Typ ist bei einem Message-Port immer NT_MSGPORT. Die anderen Felder der Node-Struktur werden nur verwendet, wenn man einen Message-Port in eine Liste aufnehmen will. Dies kann entweder eine private Liste sein oder die Liste der sog. Public-Ports. Dies ist die Liste aller Message-Ports, die Exec bekannt sind.

mp_Flags
Die unteren beiden Bits in diesem Feld bestimmen, was passiert, wenn der Message-Port eine Nachricht empfängt. Es stehen folgende Möglichkeiten zur Auswahl (die entsprechenden Bit-Kombinationen sind ebenfalls im Includefile "exec/ports.h" enthalten):

PA_IGNORE (2)
Diese Kombination der Flag-Bits bestimmt, daß gar nichts geschieht, wenn eine Nachricht empfangen wird.

PA_SIGNAL (0)
Jedesmal, wenn der Message-Port eine Nachricht empfängt, wird das Signal aus dem Feld mp_SigBit an den Ziel-Task gesandt.

PA_SOFTINT (1)
Bei jeder empfangenen Nachricht wird ein Software-Interrupt ausgelöst. Näheres über Software-Interrupts können Sie im zugehörigen Kapitel erfahren.

mp_SigBit
In diesem Feld ist die Nummer des Signal-Bits gespeichert, das an den Task gesendet wird, wenn mp Flags = PA_SIGNAL ist. Es handelt sich dabei um eine Signalnummer zwischen 0 und 31, es kann immer nur ein Signal-Bit von einem Message-Port beeinflußt werden.

mp_SigTask
Dieses Feld muß einen Zeiger auf die Task-Struktur des Tasks enthalten, dem das Signal in mp_SigBit übermittelt werden soll.

Ist als Modus PA_SOFTINT gewählt, enthält mp_SigTask statt dessen einen Zeiger auf die Interrupt-Struktur des entsprechenden Software-Interrupts.

mp_MsgList
Dies ist der Listenkopf für die Liste aller eingetroffenen Nachrichten (Messages). Jede empfangene Nachricht wird an das Ende dieser Liste angehängt, und je nach Modus in mp_Flags löst dies entweder nichts (PA_IGNORE), einen Software-Interrupt (PA_SOFTINT) oder ein Signal an den Empfänger-Task (PA_SIGNAL) aus. Dieser Listenkopf muß entsprechend initialisiert werden. Dies kann z.B. mit NewList() geschehen.

Aufbau einer Nachricht (Message)

Jede Nachricht besteht aus einer Message-Struktur und einer beliebigen Nachricht, deren Länge maximal 64 KB betragen darf. Die Nachricht wird direkt an die Message-Struktur angehängt. Diese Struktur ist ebenfalls im Include-File "exec/ports.h" untergebracht:

```
struct Message {
  struct Node  mn_Node;
  struct MsgPort *mn_ReplyPort;      /* (14) Antwort-Port */
  UWORD mn_Length;                   /* (18) Länge der Message in Bytes */
};
```

mn_Node
Normale Node-Struktur. Sie dient dazu, die Message in die Liste der empfangenen Messages des Message-Ports einzugliedern. Das ln_Typ-Feld ist auf den Node-Typ NT_MESSAGE zu setzen. Ob man seiner Message einen Namen geben will, bleibt einem selbst überlassen.

mn_Length
Länge der Nachricht in Bytes. Wie schon erwähnt, schließt diese sich direkt an das mn_Length-Feld an.

Senden einer Nachricht

Eine Nachricht wird mittels der PutMsg-Funktion an einen beliebigen Message-Port gesendet.

```
PutMsg(Messageport, message)
```

Sendet die Message zum Message-Port. Beide müssen als Zeiger auf die zugehörigen Strukturen angegeben werden. Folgendes Beispiel sendet einen Text als Message zu einem hypothetischen Message-Port:

```
{
extern APTR Port;                          /* Zeiger auf den Message-Port */
static char text[] = "Dies ist eine Beispielnachricht!";
static struct {
struct Message msg;
char    inhalt[sizeof(text)];
} nachricht;

nachricht.msg.mn_Node.ln_Type=NT_MESSAGE;
strcpy(nachricht.inhalt,text);

PutMsg(Port,&nachricht);
}
```

Beim Senden einer Message wird diese lediglich an die Liste der empfangenen Messages, die mp_MsgList, angehängt. Dies geschieht wie üblich mit den ln_Succ- und ln_Pred-Feldern in der Node-Struktur der Message, mn_Node. Die Message wird nicht kopiert! Dies

bedeutet, daß die gesamte Message weiterhin Teil des Tasks ist, der sie gesendet hat. Das Senden einer Message erlaubt also dem Empfänger-Task, einen Speicherbereich des Sender-Tasks zu benutzen.

Empfangen einer Nachricht

Das Empfangen von Nachrichten besteht gewöhnlich aus zwei Schritten. Erst wartet man auf das Signal des Message-Ports, und wenn dieser signalisiert, daß er eine Nachricht empfangen hat, holt man sie dort ab.

Vorausgesetzt, daß der Message-Port ordentlich initialisiert ist, gibt es zwei Möglichkeiten für einen Task, auf die Ankunft einer Message an dem Message-Port zu warten:

Entweder verwendet er die Wait()-Funktion oder WaitPort().

```
message = WaitPort(Port);
```

Diese Funktion wartet auf die Ankunft einer Message am Message-Port "Port". Sind dort schon eine oder mehr Messages vorhanden, kehrt WaitPort() gleich ins Programm zurück. Ansonsten versetzt sie, wie die Wait-Funktion, den Task in den Waiting-State, bis eine Message ankommt. Als Ergebnis erhält der Task bei WaitPort() einen Zeiger auf die Message-Struktur der ersten Message, die Message wird aber nicht vom Message-Port entfernt.

Wann soll man Wait( ) oder WaitPort( ) verwenden?
Wait() hat den Vorteil, daß es damit möglich ist, auf mehrere Signale zu warten. Damit ist diese Funktion in Fällen, in denen man auf mehrere Ereignisse warten will, am geeignetsten. Will man aber wirklich nur auf eine Nachricht an einem bestimmten Message-Port warten, ist WaitPort() günstiger. Denn diese Funktion wartet ja nur, wenn der Message-Port leer ist. Wait() hingegen richtet sich nach den Signalen. Hat beispielsweise der Message-Port schon zwei Messages vor dem Wait() empfangen, tritt folgendes Problem auf:

Der erste Wait()-Aufruf kehrt sofort zurück, da die beiden Messages schon das entsprechende Signal gesetzt haben. Will man jetzt mit einem Wait() auf die nächste Nachricht warten, kann dies zu einem Warten ohne Ende werden, denn die gewünschte Message ist ja schon lange vorher angekommen. Die Ursache dieses Problems liegt darin,

daß ein Signal nur einmal gesetzt wird, auch wenn mehrere Messages angekommen sind. Man muß daher vor dem zweiten Wait() testen, ob die nächste Nachricht nicht doch schon angekommen ist. Aus diesem Grund ist es besser, WaitPort() zu verwenden, wenn man nur auf einen Message-Port wartet.

Um eine Message vom Port zu holen gibt es die GetMsg-Funktion:

```
message = GetMsg(Port);
```

Diese Funktion holt die erste Nachricht vom angegebenen Port und übergibt einen Zeiger auf ihre Message-Struktur. Die Message wird dann aus der Liste des Message-Ports entfernt. GetMsg() holt die Message an der ersten Position in dieser Liste. Da neue Messages hinten angehängt werden, stellt die Liste der empfangenen Messages eine sog. FIFO-Warteschlange dar. FIFO heißt "First In First Out" und bedeutet, das Element, das zuerst in die Liste aufgenommen wurde, wird auch zuerst wieder ausgegeben.

Also kann man mit GetMsg() der Reihe nach alle empfangenen Messages vom Port holen. Sind keine weiteren Messages mehr vorhanden, kehrt GetMsg() mit einer 0 zurück.

Folgendes Beispiel benutzt WaitPort() und GetMsg(), um eine Nachricht aus einem hypothetischen Port zu holen:

```
extern struct MsgPort *Port;
struct Message *GetMsg();
int signal;

if((signal=AllocSignal(-1L))<0)
 {printf("Keine freien Signale mehr übrig!");return(0);}

Port->mp_Flags=PA_SIGNAL;
Port->mp_SigBit=signal;
Port->mp_SigTask=FindTask(0);                /* Eigener Task */

WaitPort(Port);
message = GetMsg(Port);
```

Antworten auf eine Nachricht

Hat ein Task eine Nachricht ausgesandt, will er natürlich auch wissen, ob sie angekommen ist. Grund dafür ist, daß die gesamte Message einschließlich der Message-Struktur, ja weiterhin zu seinem Task gehört. Indem er sie sendet, gibt er dem Empfänger die Erlaubnis, den

Speicherbereich, in dem die Message steht, auszulesen. Außerdem kann der Empfänger noch irgendwelche Rückmeldungen oder Ergebnisse in der Message unterbringen. Da der Sender den Speicherbereich meistens wieder für andere Zwecke, z.B. eine neue Nachricht, verwenden will, muß er wissen, wann der Empfänger die Nachricht empfangen und verarbeitet hat. Er kann sie ja nicht einfach löschen, ohne zu wissen, ob sie schon gelesen wurde. Aus diesem Grund wurde ein sogenannter Reply-Port (Antwort-Port) eingerichtet. Ein Reply-Port kann ein beliebiger Port des Sender-Tasks sein. Um dem Empfänger die Adresse dieses Ports mitzuteilen, gibt es noch ein Feld in der Message-Struktur, das wir noch nicht erwähnt haben:

mn_ReplyPort
Enthält die Adresse der Reply-Ports des Sender-Tasks. Um eine Nachricht zu beantworten, sendet der Empfänger sie einfach an den Reply-Port zurück, nachdem er sie gelesen und eventuell verändert hat. Der Sender weiß damit, daß die Message empfangen und bearbeitet wurde. Er kann jetzt den Speicher der Message neu verwenden oder einfach dem System zurückgeben.

ReplyMsg(message);
Erledigt dieses Rücksenden der Message.

Schaffen neuer Message-Ports

Um einen Message-Port zu schaffen, muß man eigentlich nur eine korrekt initialisierte Message-Port-Struktur im Speicher unterbringen. Am einfachsten geschieht dies durch eine C-Struktur mit der Speicherklasse static. Allerdings kann man sich auch den nötigen Speicher mittels AllocMem() vom System holen und initialisieren.

Hat man eine fertige Message-Port-Struktur, muß man sich noch entscheiden, ob man sie zur Liste der öffentlichen Message-Ports hinzufügen will. Dies kann mit der AddPort-Funktion geschehen. Diese Funktion übernimmt auch das Initialisieren des mp_MsgList-Felds der Message-Struktur und macht so einen Aufruf von NewList() überflüssig. AddPort benötigt als einzigen Parameter die Adresse der Message-Struktur. Der Vorteil eines Message-Ports in der Liste der öffentlichen Ports ist, daß ein anderer Task diesen Port schnell anhand seines Namens auffinden kann. Fügt man einen Port nicht zu dieser

Liste hinzu, muß man jedem Task, der mit ihm kommunizieren soll, die Adresse des Message-Ports mitteilen.

Zum Auffinden eines Ports in der Liste anhand seines Namens gibt es die FindPort-Funktion.

Port=FindPort(Name);
Sucht einen Message-Port mit dem angegebenen Namen und übergibt, falls er ihn findet, dessen Adresse. Fügt man einen Port mit AddPort() zum System hinzu, sollte man vorher überprüfen, ob nicht schon ein Port dieses Namens vorhanden ist.

Benötigt man einen Port nicht mehr, kann man ihn einfach löschen, nachdem man auf alle noch ausstehenden Messages gewartet und diese mit ReplyMsg() bantwortet hat.

Gehört der Message-Port zu den öffentlichen Ports, muß man ihn mit RemPort(Port) aus dem System entfernen, bevor man ihn löscht (bzw. seinen Speicher wieder freigibt).

Um das Erstellen neuer Message-Ports zu vereinfachen, gibt es die CreatePort-Funktion. Diese Funktion gehört nicht zum Betriebssystem, sondern findet sich in der Runtime-Library eines Amiga-C-Compilers (amiga.lib). Ihr C-Source-Code lautet wie folgt:

```
#include <exec/exec.h>

extern APTR AllocMem();
extern UBYTE AllocSignal();
extern struct Task *FindTask();

struct MsgPort *CreatePort (Name, Pri)
 char *Name;
 BYTE Pri;
{
BYTE Signal;
struct MsgPort *Port;

if ((Signal=AllocSignal(-1))==-1)
   return((struct MsgPort *)0);

Port=AllocMem((ULONG)sizeof(*Port),MEMF_CLEAR|MEMF_PUBLIC);

if (Port==0) {
   FreeSignal (Signal);
   return((struct MsgPort *)0);
}
```

```
Port->mp_Node.ln_Name = Name;
Port->mp_Node.ln_Pri = Pri;
Port->mp_Node.ln_Type = NT_MSGPORT;

Port->mp_Flags = PA_SIGNAL;
Port->mp_SigBit = Signal;
Port->mp_SigTask = FindTask(0);

if (name != 0)
   AddPort(Port);
else
   NewList (&(Port->mp_MsgList));

return(Port);
}
```

Diese Funktion schafft einen Message-Port mit dem angegebenen Namen und Priorität. Als Ergebnis erhält man die Adresse des neuen Ports oder 0, wenn kein Speicher oder kein Signal mehr frei war. Ist der Zeiger auf den Namen ungleich null, wird der Port der Liste der öffentlichen Ports hinzugefügt. Mit dieser Funktion kann man z.B schnell und einfach einen ReplyPort aufbauen.

Auch zum Löschen eines Ports gibt es eine Funktion im amiga.lib:

```
DeletePort(Port)
 struct MsgPort *Port;
{
if ((Port->mp_Node.ln_Name) != 0)
   RemPort(Port);

Port->mp_Node.ln_Type = 0xFF;
Port->mp_MsgList.lh_Head=(struct Node *)-1;

FreeSignal(Port->mp_SigBit);

FreeMem(Port,(ULONG) sizeof(*Port));
}
```

DeletePort() löscht den angegebenen Port. Hat er einen Namen, wird er auch aus der Liste der öffentlichen Ports gelöscht.

Task-Exceptions (Ausnahmezustände)

Es ist manchmal unbefriedigend, daß der Task beim Warten auf ein Signal nicht weiterlaufen kann. Nehmen wir einmal an, ein Task zeichnet eine mathematische Funktion. Da dies sehr lange dauert, soll die Möglichkeit bestehen, den Zeichenvorgang durch Tastendruck abzubrechen. Dieser soll über einen Message-Port übermittelt werden. Nun müßte man innerhalb der Zeichenschleife ständig die Signale te-

sten, ob der Port eine Message empfangen hat. Damit würde man aber die Zeichenschleife verlangsamen. Mit diesem unbefriedigenden Zustand braucht man sich aber beim Amiga nicht abzufinden. Es gibt da nämlich die sogenannte Task-Exception. Dies ist ein Ausnahmezustand des Tasks, der, wie könnte es anders sein, von einem Signal ausgelöst wird.

Ähnlich einem Interrupt wird der Task durch das Auftreten eines Signals unterbrochen. Dies kann an jeder beliebigen Stelle geschehen. Dann wird der sogenannte Exception-Handler aufgerufen. Dieser ist Teil des Ursprungs-Tasks und hat deshalb Zugriff aud dessen Daten (vorausgesetzt, sie sind nicht lokal). In unserem Beispiel könnte er die Schleifenvariable auf den Endwert setzen und damit das Zeichnen beenden. In Maschinensprache hat man noch mehr Möglichkeiten. Man kann z.B. den Task direkt manipulieren.

Um eine Task-Exception zu ermöglichen, sind folgende Schritte notwendig:

1. Die Startadresse des Exception-Handler muß im zugehörigen Feld der Task-Struktur, tc_ExceptCode, untergebracht werden. Es besteht die Möglichkeit, auch noch einen Zeiger auf gemeinsame Daten in tc_ExceptData zu schreiben.
2. Es muß festgelegt werden, welche Signale eine Exception auslösen dürfen. Das tc_SigExcept-Feld in der Task-Struktur bestimmt dies. Jedes dort gesetzte Signal löst eine Exception aus, wenn es vom Task empfangen wird. Um das Setzen und Löschen der Bits in diesem Feld zu vereinfachen, gibt es eine spezielle Funktion: SetExcept. Ihre genaue Beschreibung findet man in der Funktionsübersicht am Ende dieses Kapitels.

Tritt eine Exception auf, legt Exec zuerst die aktuellen Inhalte der Prozessorregister (PC, SR, D0-D7 und A0-A6) auf den Task-Stack, um eine störungsfreie Fortsetzung des Tasks nach dem Ende der Exception zu ermöglichen.

Dann kommt eine Signalmaske in D0, die alle aufgetretenen Exception-Signale enthält. Die Adresse im tc_ExceptData-Feld wird nach A1 kopiert. Anschließend beginnt die Abarbeitung des Exception-Codes an der Adresse in tc_ExceptCode.

Am Ende einer Exception muß ein RTS stehen. Dann holt Exec den alten Registerinhalt wieder vom Stack und fährt mit dem Task fort.

Während einer Exception verhindert Exec das Auftreten weiterer Exceptions. Um nach dem Ende einer Exception ihr erneutes Auftreten zu erlauben, muß man in D0 denselben Wert zurückgeben, der einem dort am Anfang übergeben wurde. D.h. man ändert einfach nicht den Inhalt von D0.

Tritt während einer Exception ein Exception-auslösendes Signal auf, wird sie nach dem Ende der gerade ablaufenden erneut gestartet.

War ein Signal schon gesetzt, bevor man ihm mittels SetExcept erlaubte, eine Exception auszulösen, tritt diese sofort auf.

Prozessor-Traps

Eine andere Art von Ausnahmezuständen sind die Traps. Mit ihnen sind bestimmte Ausnahmezustände des 68000er-Prozessors gemeint. Diese werden bei Motorola (dies ist die Herstellerfirma des 68000) Exceptions genannt, was man nicht mit oben beschriebenen Task-Exceptions verwechseln darf. Folgende 68000-Exceptions werden von Exec als Traps bezeichnet:

Traps:

2	Busfehler (Bus error)
3	Adreßfehler (Adress error)
4	Illegaler Befehl (Illegal instruction)
5	Division durch null (Zero divide)
6	CHK-Befehl (CHK instruction)
7	TRAPV-Befehl (TRAPV instruction
8	Privilegverletzung (Privilege violation)
9	Ablaufverfolgung (Trace)
10	Befehl mit 1010 am Anfang (Line 1010 emulator)
11	Befehl mit 1111 am Anfang (Line 1111 emulator)
32-37	Trap-Befehle (Trap instructions)

Ein Trap ist immer eine direkte Folge einer Anweisung im Programm. Dies kann entweder gewollt (CHK, TRAP, TRAPV, 1010, 1111 oder Trace) oder aufgrund eines Programmfehlers (Bus- oder Adreßfehler, Division durch null oder Privilegverletzung) passieren.

Tritt also ein Prozessor-Trap auf, springt Exec in einen sogenannten Trap-Handler. Die Adresse dieses Handlers wird aus dem tc_TrapCode-Feld geholt. Normalerweise befindet sich dort ein Zeiger auf den Standard-Trap-Handler von Exec. Dieser erzeugt den (leider) nur allzu bekannten "Software Error - Task held"-Requester oder gar eine Guru-Meditation.

Man kann aber die Adresse in tc_TrapCode auf einen eigenen Handler umbiegen. Dieser Handler kann dann entweder auf alle Traps reagieren oder nur einige bestimmte behandeln und ansonsten in den Standard-Handler weiterspringen.

Ein Trap-Handler wird beinahe direkt angesprungen. Exec legt lediglich noch die Trap-Nummer (siehe obige Liste) auf den Stack. Dies hat folgende Auswirkungen:

Erstens befindet man sich im Supervisormodus und arbeitet mit dem Supervisorstack! Während des Ablaufs des Trap-Handler ist daher das Task-Switching gesperrt. Zweitens kann der Inhalt des Stacks variieren. Normalerweise hat er folgendes Format:

```
Stackpointer (SSP)      Trap-Nummer (Langwort)
Stackpointer +4         Statusregister (Wort)
Stackpointer +2         Rücksprungadresse (Langwort)
```

Bei einem Adreß- oder Busfehler werden aber weitere Informationen auf den Stack gelegt. Obendrein sind diese bei neueren Vertretern der 68xxx-Familie, wie dem 68010 und 68020, wieder anders. Um vollständige Kompatibilität zu wahren, muß man also einiges beachten. Am besten nehmen Sie ein gutes 68000-Buch zu Hilfe, um alle Möglichkeiten einzuschließen.

Oder man springt bei einem Adreß- bzw. Busfehler in den Trap-Handler von Exec, da bei diesen Ausnahmen meist doch nichts mehr zu machen ist.

Um den Trap-Handler wieder zu verlassen, nimmt man die Trap-Nummer vom Stack (Achtung: Langwort) und verläßt ihn mit einem RTE-Befehl. Da keine zusätzlichen Register von Exec auf dem Stack gesichert werden, darf man den Inhalt der Prozessorregister nicht dauerhaft verändern!

Folgendes Beispiel verwendet einen Trap-Handler zum Auffangen eines "Division durch null"-Fehlers. Da man einen Trap-Handler schlecht in C schreiben kann, wurde er mittels #asm und #endasm direkt in Maschinensprache in den Source-Code integriert. Da nicht alle C-Compiler diese Preprozessoranweisungen kennen (das Programm wurde mit Aztec C erstellt), muß man bei anderen Produkten C- und Maschinenspracheteil getrennt compilieren bzw. assemblieren und anschließend gemeinsam linken.

```
/**** Auffangen einer 68000er-Exception ****/

#include <exec/execbase.h>

extern struct ExecBase *SysBase;

main()
{
/*** Hinzufügen des Trap-Handlers ***/

extern APTR Trap;
APTR oldtrap;
USHORT zahl1,zahl2;
struct Task *ThisTask;

oldtrap=SysBase->ThisTask->tc_TrapCode;
SysBase->ThisTask->tc_TrapCode=&Trap;
SysBase->ThisTask->tc_TrapData=(APTR)0;

/*** Auslösen eines "Division by zero" Traps ***/

zahl1 = 10; zahl2 = 0;
zahl1 = zahl1/zahl2;

if((ULONG)SysBase->ThisTask->tc_TrapData==0)
 printf("Diese Stelle wird nie erreicht!");
else
 printf
 ("Exception erkannt, da tc_TrapData = Trap-Nummer:%ld\n",
 SysBase->ThisTask->tc_TrapData);

/*** Trap-Handler wieder entfernen ***/

SysBase->ThisTask->tc_TrapCode=oldtrap;

}

/*** Trap-Handler ***/
/** Nur mit Aztec-C sicher lauffaehig **/
/** TAB vor Opcode ist notwendig! **/
#asm

_Trap move.l a0,-(sp)
      move.l 4,a0              ;SysBase
      move.l 276(a0),a0        ;SysBase->ThisTask
      move.l 4(sp),46(a0)      ;Trap-Nummer nach
                               ;SysBase->ThisTask->tc_TrapData
      move.l (sp),a0
      add.l  #8,sp
      rte

#endasm
```

Ohne den Trap-Handler würde dieses Programm mit einem "Software Error - Task held" abstürzen, da zahl1 durch 0 dividiert wird. Als Beweis dafür, daß dies wirklich einen Trap ausgelöst hat, dient der if-

Befehl. Denn nur der Trap kann tc_TrapData ungleich 0 setzen, nachdem es gerade vorher vom Task gelöscht wurde. Aber direkt nach der illegalen Division springt Exec in den Trap-Handler. Dieser nimmt die Trap-Nummer vom Supervisor-Stack und schreibt sie in das tc_TrapData-Feld. Daher gibt der printf()-Aufruf auch die Zahl 5 auf dem Bildschirm aus, denn dies ist die Trap-Nummer einer Division durch null.

Die Trap-Befehle

Auch ein Trap, der durch einen der 16 Trap-Befehle ausgelöst wurde (Trap-Nummern 32 bis 47), springt in den Trap-Handler. Allerdings gibt es bei den Traps die Möglichkeit, bestimmte Trap-Nummern vorher zu belegen, ähnlich wie bei den Signalen mittels einer AllocTrap- und einer FreeTrap-Funktion (genaue Erklärung siehe anschließende Funktionsliste).

Das Belegen und Freigeben von Traps dient aber lediglich der Ordung, damit immer klar ist, welche Traps gerade benutzt werden und welche nicht. Tritt ein Trap-Befehl auf, wird immer in den aktuellen Trap-Handler verzweigt, unabhängig davon, ob ein Trap-Befehl mit AllocTrap belegt wurde oder nicht.

Funktionen des Message-Systems, der Traps und Exceptions

AddPort

```
Funktion: AddPort(Port)
                  A1
Offset:   -354
```

Beschreibung

AddPort() fügt die angegebene Message-Portstruktur in die Liste der öffentlichen Ports ein. Sie wird dort nach ihrer Priorität eingereiht. Der Listheader dieser Liste kann über SysBase->PortList angesprochen werden. AddPort() initialisiert auch die mp_MsgList Struktur innerhalb des Message-Ports.

Parameter

Port
Zeiger auf eine Message-Portstruktur.

AllocTrap

```
Funktion: Trap-Nummer = AllocTrap(Trap-Nummer)
                   D0              D0
Offset:   -342
```

Beschreibung

AllocTrap besetzt einen der Trap-Befehle des 68000. Man kann als Trap-Nummer eine Zahl zwischen 0 und 15 angeben, um den entsprechenden Trap-Befehl zu besetzen, oder -1, dann sucht AllocTrap den nächsten freien Trap-Befehl.

Parameter

Trap-Nummer
Zahl zwischen 0 und 15 für einen bestimmten Trap-Befehl, oder -1 für den ersten unbesetzten.

Ergebnis

Trap-Nummer
Enthält den tatsächlich besetzten Trap-Befehl oder -1 als Zeichen dafür, daß der gewünschte Trap-Befehl nicht frei war bzw. daß überhaupt kein Trap-Befehl mehr frei war.

FindPort

```
Funktion: Port = FindPort(Name)
           D0             A1
Offset:   -390
```

Beschreibung

FindPort() sucht den nächsten Message-Port mit dem angegebenen Namen in der Liste der öffentlichen Ports und gibt, falls ein Port mit dem angegebenen Namen existiert, einen Zeiger auf den Port zurück.

Parameter

Name
Name des zu suchenden Ports.

Ergebnis

Port
Zeiger auf einen Message-Port mit dem angegebenen Namen oder null, wenn ein solcher nicht existiert.

FreeTrap

```
Funktion: FreeTrap(Trap-Nummer)
                   D0
Offset:   -348
```

Beschreibung
FreeTrap gibt den Trap-Befehl mit angegebener Nummer wieder frei.

Parameter

Trap-Nummer
Nummer des Trap-Befehls (0 bis 15).

PutMsg

```
Funktion: PutMsg(Port,message)
                 A0   A1
Offset:   -366
```

Beschreibung
PutMsg sendet eine Nachricht an einen Message-Port. Dort wird sie an die Liste der empfangenen Nachrichten angehängt und die dem Inhalt des mp_Flags-Feld entsprechende Aktion wird ausgelöst.

Parameter

Port
Adresse der Message-Portstruktur des Ziel-Ports.

message
Zeiger auf die Message-Struktur der Message.

RemPort

```
Funktion: RemPort(Port)
                  A1
Offset:   -360
```

Beschreibung

Diese Funktion entfernt einen Message-Port aus der Liste der öffentlichen Ports. Es ist dann nicht mehr möglich, ihn mittels FindPort anzusprechen.

Parameter

Port
Zeiger auf den Message-Port.

ReplyMsg

```
Funktion: ReplyMsg(message)
                   A1
Offset:   -378
```

Beschreibung

ReplyMsg() sendet eine Message zurück zu ihrem Reply-Port. Ist das mn_ReplyPort-Feld der Message-Struktur gleich null, wird diese Funktion ignoriert.

Parameter

message
Zeiger auf die Message-Struktur.

SetExcept

```
Funktion: AlteSignale= SetExcept(NeueSignale, Maske)
                  D0                  D0          D1
Offset:   -312
```

Beschreibung

SetExcept bestimmt, welche Signale eine Exception auslösen können. Das genaue Verhalten dieser Funkiton entspricht demjenigen von SetSignals().

Parameter

NeueSignale
Die neuen Zustände der Exception-Signale.

Maske
Bestimmt, welche Exception-Signale beeinflußt werden sollen.

Ergebnis

AlteSignale
Zustände der Exception-Signale vor Änderung.

WaitPort

```
Funktion: message = WaitPort(Port)
                             A0
Offset:   -384
```

Beschreibung

WaitPort wartet auf den Empfang einer Message an einem bestimmten Port. Trifft dort eine Message ein oder war schon vor dem Aufruf von

WaitPort() eine Message vorhanden, kehrt WaitPort mit der Adresse dieser Message zurück. Die Message wird nicht aus der Liste der empfangenen Messages gelöscht. Dazu muß GetMsg() verwendet werden.

Parameter

Port
Adresse des Ports.

Ergebnis

message
Zeiger auf erste Message in der Liste.

2.7 Speicherverwaltung des Amiga

Der Amiga verfügt über eine dynamische Speicherverwaltung, was bedeutet, daß Bildschirmspeicher, Diskspeicher usw. sowie die zu ladenden Programme in keinem bestimmten, sich nie ändernden Speicherbereich geladen werden, sondern bei jedem Laden einen anderen Bereich zugewiesen bekommen können. Diese dynamische Speicherverwaltung macht es möglich, daß mehrere Programme gleichzeitig im Speicher abgearbeitet werden können, da kein Programm auf einen bestimmten Speicherbereich angewiesen ist, wie es bei anderen Computern, beispielsweise dem C64, der Fall ist.

Dem System muß lediglich mitgeteilt werden, daß Speicher gebraucht wird, worauf dieses ihn, sofern er noch frei ist, dem Anwender zuweist. Vom System wird nicht gemerkt, welches Programm (Task) welchen Speicher belegt hat, sondern nur vermerkt, daß er für andere Tasks nicht mehr zur Verfügung steht. Um genau zu sein, wird nicht vermerkt, welcher Speicher nicht erreichbar, sondern umgekehrt, welcher noch erreichbar ist.

Wenn ein Task einen bestimmten Speicherbereich nicht mehr benötigt, sollte er dies dem System mitteilen, damit der Speicher einem anderen Task, sofern er ihn benötigt, zugewiesen werden kann. Wird der nicht benötigte Speicher nicht an das System zurückgegeben, bleibt er belegt, bis ein Reset erfolgt. Die Folge ist natürlich eine drastische Verringerung der Speicherkapazität.

Wenn Speicher belegt werden soll, ist dies nur in 8-Byte-Schritten möglich. Anderenfalls rundet das System die angegebene Speichergröße bis zum nächsten 8-Byte-Schritt auf. Somit ergibt sich eine minimale Bereichzuweisung von acht Bytes.

Zum Belegen und Freigeben des gewünschten Speicherbereichs existieren in der Exec-Library mehrere Funktionen, von denen zwei am häufigsten Verwendung finden. Die Funktionen sind AllocMem() und FreeMem().

Bei der Belegung von Speicher müssen Sie dem System mitteilen, welche Art von Speicher Sie zugewiesen haben möchten und ob dieser noch besondere Eigenschaften haben soll.

Diese Bedingungen, die gewählt werden können, sind:

MEMF_CHIP
Der zuzuweisende Speicherbereich muß Chip-Memory sein. Chip-Memory ist der untere 512-KB-Bereich, der von den Chips wie dem Blitter angesprochen werden kann. Grafik, Sound usw. muß in diesem Bereich abgelegt werden. Auch wenn Sie zur Zeit nur 512 KB Speicher besitzen und somit diese Bedingung immer erfüllt sein muß, sollten Sie aus Kompatibilitätsgründen zu Geräten mit größerem Speicher nicht auf die genaue Bestimmung verzichten. Der Code für diese Bedingung ist $02 und wird in C, wie auch die anderen Bedingungen im Memory-Include-File, definiert.

MEMF_FAST
Der zuzuweisende Speicher muß sich außerhalb der unteren 512 KB befinden. Die Zuweisung führt jedoch nur mit der Verwendung einer RAM-Erweiterung zu einem positiven Ergebnis. Der Code der Bedingung ist $04.

MEMF_PUBLIC
Der zuzuweisende Speicher wird für Strukturen benötigt, die von mehreren Tasks verwendet werden (z.B. Messages und Packets). Der Code für diese Bedingung ist $01.

MEMF_CLEAR
Der zuzuweisende Speicher soll für die Übergabe mit Nullen gelöscht werden. Der Code hierfür ist $10000.

MEMF_LARGEST
Der zuzuweisende Speicher soll der größte zur Verfügung stehende Speicherblock sein. Der Code hierfür ist $20000.

Sollen mehrere Bedingungen wie Chip und Clear erfüllt sein, so müssen die Codes miteinander ODER-verknüpft werden.

Sollte weder die Angabe Chip- oder Fast-Memory erfolgt sein, wird zuerst versucht, Fast-Memory zu belegen. Erst nach dem Mißlingen des Versuchs wird Chip-Memory belegt.

Vorsicht:

Es sollte vermieden werden, aus einem Interrupt Speicher zu belegen oder wieder zurückzugeben, da die Routinen des Amiga, die für diese Tätigkeiten gedacht sind, die Interrupts nicht sperren. Sollte sich ein Task gerade in einer Routine zur Speicherverwaltung befinden und von einem Interrupt unterbrochen werden, der ebenfalls mit den Speicherroutinen arbeitet, so kann das System in große Schwierigkeiten geraten. Das gleiche gilt auch für den Aufruf von Routinen aus einem Interrupt heraus, die nicht unterbrochen werden dürfen, jedoch nicht die Interrupts abschalten.

2.7.1 Die Funktionen AllocMem() und FreeMem()

AllocMem

```
Funktion:  Speicher = AllocMem(Speichergöße, Bedingungen)
           D0                  D0            D1
Offset:   -198
```

Beschreibung

Die Funktion sucht einen freien Speicherbereich, der den angegebenen Bedingungen entspricht und kennzeichnet ihn als belegt. In D0 wird die Anfangsadresse des gefundenen Speichers angegeben. Sollte es

nicht möglich sein, den gewünschten Speicher zu belegen, wird in D0 als Fehlermeldung eine Null übergeben.

Speichergröße
Gibt an, wie groß der Speicher ist, der zugewiesen werden soll.

Bedingungen
Sind die zuvor beschriebenen Bedingungen, die der AllocMem()-Funktion übergeben werden und nach denen der Speicherbereich ausgesucht wird (z.B. Chip-Memory).

Mit der AllocMem()-Funktion kann man sich keinen zuvor genau bestimmten Speicherbereich zuweisen lassen, sondern bekommt einen gerade zur Verfügung stehenden zugewiesen.

Wie es eine Funktion zum Zuweisen und somit zum Belegen des Speichers gibt, existiert ebenso eine Funktion zum Freigeben des Speichers.

FreeMem

```
Funktion:  FreeMem(Speicherblock, Größe)
                                A1        D0
Offset:  -210
```

Beschreibung
Die Funktion gibt den zuvor belegten Speicher wieder dem System zurück und ermöglicht somit eine erneute Belegung durch andere Tasks. Die übernommenen Parameter werden gerundet.

Speicherblock
Zeiger auf den Anfang des Speicherbereichs, den man dem System zurückzugeben wünscht. Der Zeiger wird auf das nächste Vielfache von 8 abgerundet.

Größe
Gibt an, wieviel Speicher man freizugeben gedenkt. Die Größe wird auf das nächste Vielfache von 8 aufgerundet.

Vorsicht

Sollte versucht werden, bereits freien Speicher erneut als "frei" zu kennzeichnen, führt dies zu einem Absturz mit der Guru-Nummer:

```
81000009
```

Das folgende C-Programm zeigt, wie man sich Speicher zuweisen und wieder freigeben lassen kann.

```
#include <exec/memory.h>
#include <exec/types.h>

#define SIZE 1000

main()
{
   ULONG Speicher;

   Speicher = AllocMem (SIZE,MEMF_CHIP | MEMF_PUBLIC);

   if (Speicher = 0) {
         printf ("\n  Speicher nicht erreichbar\n");
         exit (0);
         }
   printf ("\n  Speicher zugewiesen\n");

   FreeMem (SIZE,Speicher);
}
```

In "Speicher" wird die Anfangsadresse des Speichers vermerkt, der zugewiesen werden konnte.

2.7.2 Die Memory-List-Struktur

Oft ist es nötig, mehrere verschiedene Speicherbereiche zu belegen. Zu diesem Zweck könnte man für jeden einzelnen Bereich jedesmal die AllocMem()-Funktion aufrufen. Sie sehen sicher ein, daß dies ein recht aufwendiges Unterfangen ist. Aus diesem Grund stellt die Exec-Library zwei Funktionen zur Verfügung, die uns diese Aufgabe erleichtern. Die Funktionen heißen AllocEntry() und FreeEntry().

Um eine der Funktionen aufrufen zu können, muß zuvor, wie könnte es beim Amiga auch anders sein, eine Struktur initialiliert werden, aus der sich die Funktionen ihre Werte nehmen.

Die Struktur heißt MemList und sieht wie folgt aus:

```
       struct MemList {
0          struct Node ml_Node;
14         UWORD ml_NumEntries;
16         struct MemEntry ml_ME[1];
       };
```

ml_Node
Node-Struktur, um mehrere MemList-Strukturen miteinander verknüpfen zu können.

ml_NumEntries
Gibt an, wie viele Speicherbereiche man zu belegen gedenkt.

ml_ME[1]
Eigene Struktur, in der eingetragen wird, welche Bedingungen der zu reservierende Speicher hat und wie groß der Speicherbereich sein soll. Die Struktur hat folgendes Aussehen:

```
struct MemEntry {
 union {
    ULONG meu_Reqs;
    APTR meu_Addr;
 }     me_Un;
 ULONG me_Length;
};

#define me_un me_Un
#define me_Reqs me_Un.meu_Reqs
#define me_Addr me_Un.meu_Addr
```

me_Un
Ist aufgrund der union-Bedingung geteilt. Zum einen können in me_Un die Bedingungen (Requests) für die Speicherzuweisung enthalten sein, andererseits den Zeiger auf den reservierten Speicher enthalten. Bei der Erstellung der MemEntry-Struktur zum Aufruf der AllocEntry()-Funktion befinden sich hier die Bedingungen (z.B. MEMF_CHIP) für die Speicherzuweisung, nach dem Aufruf der Funktion jedoch die Anfangsadresse des zugewiesenen Speichers.

me_Length
Länge des zuzuweisenden Speichers an.

AllocEntry

```
Funktion:  Liste = AllocEntry(MemList)
                   D0                A0
Offset:  -222
```

Beschreibung

Der Funktion wird ein Zeiger auf eine MemList-Struktur in A0 übergeben. Die Funktion versucht nun, alle in der Struktur eingetragenen Speicherbereiche zu belegen. Ist ein Bereich belegt, wird an der Stelle, an der sich zuvor die Bedingungen (Requirements) befanden, der Zeiger auf den gefundenen Speicher abgelegt.

Liste

Zeiger auf die neuerstellte MemList-Struktur. Sollte ein Fehler während der Zuweisung aufgetreten sein, wird in D0 die Bedingung des nicht erreichbaren Speichers zurückgegeben, wobei das oberste Bit (Bit 31) gesetzt ist. Es wird in dem Fall kein Speicher belegt, auch wenn andere Entries hätten ausgeführt werden können.

FreeEntry

```
Funktion:  FreeEntry(Liste)
                     A0
Offset:  -228
```

Beschreibung

Die Funktion gibt alle in der MemList-Struktur vermerkten Speicherbereiche dem System zurück. Weder mit der AllocEntry()- noch mit der FreeEntry()-Funktion ist es möglich, mehrere verkettete MemList-Strukturen gleichzeitig zu bearbeiten.

Parameter

Liste

Zeiger auf die MemList-Struktur, die von der AllocEntry()-Funktion übergeben wurde.

Sie werden sich vielleicht fragen, wie es möglich ist, mehrere Entries mit einer MemList-Struktur zu initialisieren, da doch in der MemList-Struktur eindeutig nur eine MemEntry-Struktur eingebunden ist

(ml_Me[1]). Um mehrere Entries zu initialisieren, muß zu einem Trick gegriffen werden. Man muß eine eigene Struktur erstellen, die beispielsweise folgendes Aussehen hat:

```
struct {
        struct MemList me_Kopf;
        struct MemEntry me_Zusatz[3];
        } MeineListe;
```

Statt des Zeigers auf eine MemList-Struktur übergibt man der AllocEntry-Funktion jetzt den Zeiger auf seine eigene initialisierte Struktur, mit der es möglich ist, mehrere Entries zu initialisieren. In dem soeben gegebenen Beispiel werden vier Speicherbereiche von der AllocEntry-Funktion belegt, da die MemList-Struktur ja noch über eine eigene MemEntry-Struktur verfügt.

Sehen wir uns die Verwendung der AllocEntry()-Funktion einmal anhand eines Beispiels an:

```
#include <exec/memory.h>
#include <exec/types.h>

   struct MemListe {
      struct MemList me_Kopf;
      struct MemEntry me_Zusatz[2]; };

main()
{
   struct MemList *Speicherliste, *AllocEntry();

   struct MemListe MeineListe;

   MeineListe.me_Kopf.ml_NumEntries = 3;
   MeineListe.me_Kopf.ml_me[0].me_Reqs = MEMF_CLEAR;
   MeineListe.me_Kopf.ml_me[0].me_Length = 100;
   MeineListe.me_Kopf.ml_me[1].me_Reqs = MEMF_CLEAR | MEMF_FAST;
   MeineListe.me_Kopf.ml_me[1].me_Length = 1900;
   MeineListe.me_Kopf.ml_me[2].me_Reqs = MEMF_PUBLIC | MEMF_CHIP;
   MeineListe.me_Kopf.ml_me[2].me_Length = 300;

   Speicherliste = AllocEntry (&MeineListe);

   if ( ((ULONG)Speicherliste) >> 30) {
      printf("\n  Nicht alle Einträge konnten
                              mit Erfolg zugewiesen werden\n");
      exit (0);
      };

}
```

2.7.3 Speicherzuweisung und Tasks

Wenn von einem Task aus Speicher belegt werden soll, so empfiehlt sich, dies mit der AllocEntry()-Funktion zu machen. Der Grund hierfür ist, daß in der Task-Struktur eine List-Struktur eingebunden ist (tc_MemEntry), in die der belegte Speicher in Form von MemList-Struktur in einer Liste verknüpft werden kann.

Der Speicher, der in diesen Listen verknüpft ist, kann dann leicht von Ihrer Routine, die den Task auflöst, wieder an das System zurückgegeben werden.

Ein weiterer Vorteil beim Eintragen des verwendeten Speichers in die Liste ist, daß der Task jederzeit nachsehen kann, welche Bereiche er belegt hat.

Es ist natürlich auch möglich, einen Speicherbereich mit der AllocMem()-Funktion zu belegen und diesen daraufhin in eine solche Liste einzutragen.

2.7.4 Die interne Verwaltung des Speichers

Nachdem jetzt bekannt sein dürfte, wie man für seine Zwecke Speicherplatz reserviert, wollen wir uns einmal ansehen, wie der Speicher intern verwaltet wird.

Wie man sich denken kann, wird die Verwaltung des Speichers wieder über eine Struktur erledigt. Diese Struktur sieht wie folgt aus:

```
   struct MemHeader {
0    struct Node mh_Node;
14   UWORD mh_Attributes;
16   struct MemChunk *mh_First;
20   APTR mh_Lower;
24   APTR mh_Upper;
28   ULONG mh_Free;
   };

#define MEMF_PUBLIC  (1L<<0)
#define MEMF_CHIP    (1L<<1)
#define MEMF_FAST    (1L<<2)
#define MEMF_CLEAR   (1L<<16)
#define MEMF_LARGEST (1L<<17)
#define MEM_BLOCKSIZE 8L
#define MEM_BLOCKMASK 7L
```

mh_Node
Node-Struktur, um die MemHeader-Struktur in einer List-Struktur verknüpfen zu können.

mh_Attributes
Bedingungen der verwalteten Speichers, z.B. MEMF_FAST.

**mh_First*
Zeiger auf die erste MemChunk-Struktur. Aufbau und Sinn dieser Struktur werden noch besprochen.

mh_Lower
Zeiger auf den Speicheranfang, der von dem Header verwaltet wird.

mh_Upper
Zeiger auf das Speicherende, das von dem Header verwaltet wird.

mh_Free
Speicher, der durch diesen Header erreichbar ist.

Wie schon gesagt wurde, ist dem System nicht bekannt, welcher Speicher belegt, sondern nur, welcher Speicher unbelegt ist. Die unbelegten Speicherbereiche sind mit Hilfe einer MemChunk-Struktur miteinander verknüpft. Mit diesen Strukturen läßt sich problemlos die Größe sowie die Position der freien Speicherblöcke bestimmen. Die Struktur hat folgendes Aussehen:

```
  struct MemChunk {
0   struct MemChunk *mc_Next;
4   ULONG mc_Bytes;
  };
```

**mc_Next*
Zeiger auf die nächste MemChunk-Struktur.

mc_Bytes
Anzahl Bytes, die in diesem Speicherblock frei sind.

Der mh_First-Eintrag in der MemHeader-Struktur zeigt auf die erste MemChunk-Struktur, die am Anfang des ersten freien Speicherblocks steht. Die ersten vier Bytes dieses freien Blocks sind somit der Zeiger auf den nächsten freien Speicherbereich (auf die nächste MemChunk-Struktur). Die nächsten vier Bytes geben an, wie groß der hiesige Speicherbereich ist. In der letzten MemChunk-Struktur ist der mc_Next-Zeiger auf Null gestellt, und mc_Bytes gibt somit an, wieviel Bytes noch zwischen der jetzigen Speicherposition und dem Wert, der in mh_Upper vermerkt ist, liegen.

Eine MemHeader-Struktur verwaltet das gesamte Chip-Memory und eine weitere das Fast-Memory, sofern vorhanden. Diese Strukturen sind in einer Liste verkettet, die in der ExecBase-Struktur enthalten ist. Die Liste hat den Namem "MemList" und befindet sich bei Offset 322.

Die MemHeader-Priorität für den Fast-Memory-Bereich ist Null, und die Priorität für den Chip-Memory-Bereich -10, was auch der Grund dafür ist, daß versucht wird, immer zuerst Fast-Memory zu belegen und danach Chip-Memory.

Soll jetzt Speicher belegt werden, so wird in der MemListe der ExecBase-Struktur nachgesehen, ob die angegebenen Bedingungen in der AllocMem()-Funktion auch den Bedingungen der MemHeader-Struktur entsprechen. Als zweites wird geprüft, ob der freie Speicher, der in mh_Free vermerkt ist, ausreicht, damit die angegebene Speichermenge reserviert werden kann. Sollte eine der beiden Bedingungen nicht erfüllt sein, so wird nachgesehen, ob noch eine weitere Mem-Head-Struktur vorhanden ist. Wenn keine weitere erreichbar sein sollte, wird eine negative Rückmeldung von der AllocMem()-Funktion übergeben. Ansonsten wird der Zeiger mh_First geholt und nachgesehen, ob der in der ersten MemChunk-Struktur angegebene Speicher ausreicht. Wenn nicht, wird zur nächsten MemChunk-Struktur (zum nächsten freien Speicherblock) verzweigt und wiederum verglichen. Wenn kein genügend großer, zusammenhängender Speicher erreichbar ist, wird eine negative Rückmeldung übergeben. Wird hingegen ein ausreichend großer Speicherbereich gefunden, wird errechnet, wieviel von dem freien Speicherblock übrigbleibt, und an der Position, an der der freie Speicher wieder beginnt, wird eine MemChunk-Struktur eingefügt und diese entsprechend verkettet. Der neubelegte Bereich wird

aus der Verkettung entfernt und die Anzahl der belegten Bytes von der Gesamtanzahl abgezogen.

2.7.5 Die Allocate-, Deallocate- und AddMemList-Funktion

Es besteht die Möglichkeit, eine eigene MemHead-Struktur zu erstellen und einen separaten Speicherbereich selbständig mit den Funktionen Allocate() und Deallocate() zu verwalten. Mit den Funktionen kann man jedoch nur Speicher belegen und wieder freigeben und hat nicht die Möglichkeit, irgendwelche Bedingungen anzugeben.

Allocate

```
Funktion:  Speicher = Allocate (MemHeader,ByteSize)
           D0                   A0        D0
Offset:  -186
```

Beschreibung

Die Funktion belegt den angegebenen Speicher, der von der angegebenen MemHeader-Struktur verwaltet wird.

MemHeader
Zeiger auf eine MemHeader-Struktur.

ByteSize
Gibt an, wieviel Speicher belegt werden soll.

Speicher
Zeiger auf den belegten Speicher. Sollte kein Speicher gefunden werden, wird eine Null zurückgegeben.

Deallocate

```
Funktion: Deallocate (MemHeader,Speicher,ByteSize);
                                 A0        A1       D0
Offset: -192
```

Beschreibung

Die Funktion gibt die belegten Speicher wieder an die MemHeader-Struktur zurück.

MemHeader
Zeiger auf die MemHeader-Struktur.

Speicher
Zeiger auf den Anfang des freizugebenden Speichers.

ByteSize
Gibt an, wieviel Speicher freigegeben werden soll.

AddMemList

```
Funktion: error = AddMemList (size,req,pri,basis,name)
          D0                  D0   D1  D2  A0    A1
Offset: -618, -$26A, $FD96
```

Beschreibung

Die Funktion erstellt einen Memory-Header und fügt diesen in die Exec-Memory-Liste ein.

Parameter

size
Größe des zu verwaltenden Speichers.

req
Angabe, welcher Speichertyp über die MemHeader-Struktur verwaltet werden soll. Beispiel:

```
MEMF_PUBLIC|MEMF_FAST
```

pri
Gibt an, welche Priorität die Struktur haben soll. Speicher, der über eine MemHeader-Struktur mit hoher Priorität verwaltet wird, wird vor dem mit niedriger Priorität belegt. Fast-Memory hat, sofern seine MemHeader-Struktur vom Betriebssystem erstellt wurde, die Priorität Null, Chip-Memory die Priorität -10.

basis
Zeiger auf den Anfang des Speichers.

name
Zeiger auf Namen des Speichers (z.B. hyprafast.memory).

2.7.6 Beschreibung der restlichen Funktionen

AvailMem

```
Funktion:  AvailMem (Bedingungen)
                     D1
Offset:  -216
```

Beschreibung
Die Funktion gibt die Größe des Speichers bezüglich der Bedingungen an, z.B. MEMF_CHIP.

AllocAbs

```
Funktion: Speicher = AllocAbs (ByteSize,Position)
             D0                  D0      A1
Offset:  -204
```

Beschreibung
Die Funktion ermöglicht die Belegung eines bestimmten Speicherbereichs, der nicht von Exec gesucht wird, sondern vom Programmierer angegeben werden kann.

ByteSize
Größe des zu belegenden Speichers.

Position
Zeiger auf den zu belegenden Speicher.

Speicher
Zeiger auf den belegten Speicher, der auch dem angegebenen entspricht. Sollte es nicht möglich sein, den gewünschten Speicher zu belegen, wird eine Null als Fehlermeldung zurückgegeben.

2.8 Der interne Library-Aufbau

Die Library-Struktur ist im C-Include-File wie folgt festgelegt:

```
#define LIB_VECTSIZE     6L
#define LIB_RESERVED     4L
#define LIB_BASE         (-LIB_VECTSIZE)
#define LIB_USERDEF      (LIB_BASE-
                         (LIB_RESERVED*LIB_VECTSIZE))
#define LIB_NONSTD       (LIB_USERDEF)

#define LIB_OPEN         (-6L)
#define LIB_CLOSE        (-12L)
#define LIB_EXPUNGE      (-18L)
#define LIB_EXTFUNC      (-24L)

#define LIBF_SUMMING (1L<<0)
#define LIBF_CHANGED (1L<<1)
#define LIBF_SUMUSED (1L<<2)
#define LIBF_DELEXP  (1L<<3)

extern struct Library {
 0     struct  Node lib_Node;
14     UBYTE   lib_Flags;
15     UBYTE   lib_pad;
16     UWORD   lib_NegSize;
18     UWORD   lib_PosSize;
20     UWORD   lib_Version;
22     UWORD   lib_Revision;
24     APTR    lib_IdString;
28     ULONG   lib_Sum;
32     UWORD   lib_OpenCnt;
};
```

Erklärung der Einträge der Struktur:

Lib_Node
Struktur der Sorte Node, wie wir sie schon kennengelernt haben. Mit Hilfe dieser Struktur sind die Libraries in einer Liste verkettet. Der Typ der Library ist in diesem Fall natürlich NT_LIBRARY, und der Name der Node gibt den Namen der Library an.

lib_Flags

lib_pad
Unbenutztes Byte, um die folgenden Worte und Langworte der Struktur wieder auf gerade Adressen zu bringen.

lib_NegSize
Bereich für die negativen Offsets.

Lib_PosSize
Gibt an, wie groß der Bereich der Library von der Basisadresse an ist. Dieser Wert sowie die Angabe über die Größe des negativen Bereichs ist für die Entfernung der Library aus dem System wichtig, da so die Länge derselben festgestellt werden kann.

Lib_Version
Library-Version.

Lib_Revision
Überarbeitung der Library.

Lib_IdString
Zeiger auf Text, der mehr Informationen über die Library enthält.

Lib_Summ
Prüfsumme über die Library. Wenn Sie die Library ändern, sollten Sie die Prüfsumme neu berechnen.

Lib_OpenCnt
Gibt an, von wie vielen Tasks die Library geöffnet ist. Es kommt auf den Typ der Library an, ob sie, wenn kein Task auf diese Library zugreifen will, entfernt wird. Handelt es sich um eine von Disk geladene Library, besteht die Möglichkeit, sie wieder zu entfernen.

Die Funktionen, die eine Library dem Benutzer zu Verfügung stellt, beginnen mit Offset -30, obwohl sie theoretisch schon bei -6 beginnen könnten. Wenn man sich die ersten Offsets einmal genauer ansieht, stellt man fest, daß sie auf Funktionen zeigen, die von Exec benutzt werden, um die Library zu verwalten.

Hierbei handelt es sich um Funktionen, die zum Öffnen und Schließen der Library gebraucht werden und von den entsprechenden Exec-Funktionen angesprungen werden. Jede Library hat somit ihre eigene Öffnungs- und Schließroutine. In diesen eigenen Routinen wird auch entschieden, ob die Library, wenn sie von keinem Task mehr benötigt wird, entfernt werden darf oder nicht.

Wie auch aus den Defines des Includefiles erkennbar ist, haben die besagten vier Offsets folgende Bedeutung:

LIB_OPEN	-6	Library öffnen
LIB_CLOSE	-12	Library schließen
LIB_EXPUNGE	-18	Library entfernen
LIB_EXTFUNC	-24	Offen für Erweiterungen

Die Libraries, die nicht entfernt werden, wenn sie zur Zeit nicht mehr benötigt werden, benutzen den Einsprung LIB_EXPUNGE nicht. Alle nicht verwendeten Einsprünge sollten auf eine Routine zeigen, die D0 löscht und daraufhin wieder zurückkommt.

2.8.1 Ändern einer bestehenden Library

Zum Ändern einer bestehenden Library existiert in der Exec-Library eine Funktion, mit der sich bestimmte Offset-Einsprünge modifizieren sollen. Die Funktion sieht wie folgt aus:

SetFunktion

```
Funktion:  SetFunktion (Library, Offset, Einsprung)
                        A1       A0      D0
Offset:  -420
```

Beschreibung

Die Funktion verändert den Einsprung der mit einem negativen Offset ausgesuchten Funktion so, daß nun der Einsprung der Funktion auf die neue Routine zeigt. Prüfsumme der Library wird neu berechnet.

Library

Zeiger auf die zu ändernde Library.

Offset

Offset der Funktion, die geändert werden soll.

Einsprung

Zeiger auf die eigene Routine.

2.8.2 Das Erstellen einer eigenen Library

Nachdem besprochen wurde, wie man Libraries nutzt, soll nun gezeigt werden, wie man sich seine eigene Library erstellt.

Das Erstellen einer eigenen Library ist dann sinnvoll, wenn mehrere parallel arbeitende Tasks gebraucht werden, die gemeinsam eine Anzahl von Funktionen benutzen, welche von einem der Tasks zur Verfügung gestellt werden. Es ist auch ratsam, eine eigene Library zu erstellen, in der einige Funktionen enthalten sind, die immer wieder gebraucht werden.

Wenn eine solche eigene Library einmal besteht, kann sie nach Bedarf geöffnet werden, um ihre Funktionen zu benutzen. Zu diesem Zweck muß sie sich jedoch im LIBS-Ordner der Systemdiskette befinden.

Zum Aufbau einer Library stellt die Exec-Library einige Funktionen zur Verfügung, die vor der Erstellung der eigenen Library erklärt werden sollten.

InitStruct

```
Funktion: InitStruct(initTabelle, Speicher, Größe)
                     A1           A2        D0
Offset:   -78
```

Beschreibung

Die Funktion initialisiert eine Struktur ab dem angegebenen Speicherbereich nach einer angegebenen Tabelle.

initTabelle

Zeiger auf die Tabelle, mit der eine Struktur erstellt wird.

Speicher

Zeiger auf den bereits zugewiesenen Speicher.

Größe

Größe der zu initialisierenden Struktur. Der Speicher, in der die Struktur erstellt wird, braucht nicht gelöscht worden zu sein, denn dies wird von der InitStruct-Funktion übernommen.

Eine Tabelle, anhand der die Struktur erstellt wird, hat ein etwas verwirrendes Aussehen. Sie besteht aus einem Befehls-Byte, worauf Daten folgen, die je nach Aussehen des Befehls-Bytes verschieden verarbeitet werden. Nach den Daten folgt wieder ein Befehls-Byte und Daten. Die Länge der Daten hängt wieder von Befehl-Byte ab. Die Tabelle ist zu Ende, wenn das Befehls-Byte den Wert Null hat.

Das Befehls-Byte ist in High- und Low-Nibble unterteilt. Die Bit-Kombinationen des High-Nibbles (die oberen vier Bits) geben den Befehl an und das Low-Nibble die Anzahl der Befehlsausführungen.

Wenden wir uns zuerst dem High-Nibble zu. Dieses ist wiederum in die zwei oberen und unteren Bits eingeteilt. Die obersten zwei Bits geben den eigentlichen Befehl und die unteren zwei des High-Nibbles die Datengröße an, mit der operiert werden soll. Als Datengröße steht Langwort, Wort oder Byte zur Verfügung.

Mit den obersten zwei Bits lassen sich vier verschiedene Befehle kodieren:

Kombination: 00

Die Kombination gibt an, daß die Daten, die nach dem Befehls-Byte beginnen, in die zu erstellende Struktur übertragen werden. Was für Daten verarbeitet werden (Langwort, Wort oder Byte), wird in den nachfolgenden zwei Bits entschieden.

Kombination: 01

Die Kombination gibt an, daß das Datum der angegebenen Länge entsprechend oft in die zu erstellende Struktur kopiert wird.

Kombination: 10

Die Kombination gibt an, daß das nach dem Befehlswort stehende Byte als Offset für die zu erstellende Struktur dient. Der Offset wird zur Startadresse der Struktur addiert und die nach diesem Byte stehenden Daten werden in die zu erstellende Struktur kopiert.

Kombination: 11

Die Kombination gibt an, daß die drei Bytes nach dem Befehls-Byte als 24-Bit-Offset verwendet werden sollen. Ansonsten ist dieser Befehl mit dem vorherigen identisch.

Die nächsten zwei Bits des Befehls-Bytes (die Bits 4 und 5) geben an, um welchen Datentyp es sich handelt.

```
Kombination: 00        Langwort (nur auf geraden Adressen)
Kombination: 01        Wort     (nur auf geraden Adressen)
Kombination: 10        Byte
Kombination: 11        Nicht verwenden, sonst Absturz
```

Das Low-Nibble des Befehl-Bytes gibt an, wie oft eine bestimmte Funktion ausgeführt werden soll, sie dient als Zähler. Da der Zähler bis -1 heruntergezählt wird, wird die Funktion somit einmal mehr ausgeführt als im Zähler angegeben. Das Befehl-Byte darf immer nur auf einer geraden Adresse liegen.

Zur Verdeutlichung zwei Beispiele:

```
dc.b %00010010,$00
dc.w $FFFF,$FFFF,$1234
```

Das Befehls-Byte ist $12 = %00010010 und legt somit fest, daß die folgenden drei Worte in die Struktur kopiert werden. Das Null-Byte nach dem Befehls-Byte ist notwendig, da die Worte nur auf einer geraden Adresse beginnen dürfen.

```
dc.b %10000001,$10
dc.l $12341234,$ffff1111
```

Das Befehls-Byte gibt an, daß zwei Langworte in die Struktur ab Position 16 kopiert werden.

Sie werden sicher zustimmen, daß das Erstellen einer solchen Tabelle mehr Zeit in Anspruch nimmt als die Initialisierung einer Struktur "von Hand". Aus diesem Grund werden in den Commodore-Include-Dateien vier sehr hilfreiche Macros zur Verfügung gestellt, die den Aufbau einer solchen Tabelle zum Vergnügen werden lassen.

Die Macros sind im File "exec/initializers.i" enthalten. INITBYTE dient zum Eintragen eines Bytes mit dem angegebenen Offset in die Struktur.

```
INITBYTE        MACRO   * &offset,&value
                DC.B    $e0
                DC.B    0
                DC.W    \1
                DC.B    \2
                DC.B    0
                ENDM
```

Dieses Macro erfüllt denselben Zweck wie INITBYTE, bezieht sich jedoch auf ein Wort:

```
INITWORD        MACRO   * &offset,&value
                DC.B    $d0
                DC.B    0
                DC.W    \1
                DC.W    \2
                ENDM
```

Dieses Macro gleicht dem INITBYTE-Macro, bezieht sich jedoch auf Langworte:

```
INITLONG        MACRO   * &offset,&value
                DC.B    $c0
                DC.B    0
                DC.W    \1
                DC.L    \2
                ENDM
```

Das vierte Macro kann genutzt werden, um mehrere Werte in die Struktur zu kopieren. Es werden die nach dem Befehl stehenden Daten ab dem angegebenen Offset in die Struktur kopiert. Die Anzahl der zu kopierenden Werte wird dem Macro übergeben.

Als erstes wird die Größe der zu bearbeitenden Werte angegeben. Die erlaubten Werte sind:

0 für Langworte
1 für Worte
2 für Bytes

Die nächste Angabe bestimmt den Offset, ab der die Eintragungen in die Struktur erfolgen. Von dem Macro wird erkannt, ob es sich hierbei um ein Byte oder 24-Bit-Offset handelt.

Den dritten Wert hat man offensichtlich vergessen. Bei diesem Macro muß ein dritter Parameter angegeben werden, auch wenn sein Wert ohne Belang ist (er wird nicht verwendet).

Die vierte Übergabe gibt an, wie viele Werte in die Struktur übertragen werden sollen. Das Maximum ist 15.

```
INITSTRUCT  MACRO   * &size,&offset,&value,&count
            DS.W    0
            IFC     '\4',''
COUNT\@     SET     0
            ENDC
            IFNC    '\4',''
COUNT\@     SET     \4
            ENDC
CMD\@       SET     (((\1)<<4)!COUNT\@)
            IFLE    (\2)-255
            DC.B    (CMD\@)!$80
            DC.B    \2
            MEXIT
            ENDC
            DC.B    CMD\@!$0C0
            DC.B    (((\2)>>16)&$0FF)
            DC.W    ((\2)&$0FFFF)
            ENDM
```

Das aufwendigere vierte Macro kann wie folgt verwendet werden:

```
INITSTRUCT 1,10,0,5
ds.w 0
dc.w $1111,$2222,$3333,$4444,$5555
INITBYTE ....
```

Programmbeispiel

In diesem Beispiel wird der Speicherplatz für eine Library-Struktur reserviert und diese teilweise initialisiert.

```
include "exec/types.i"
include "exec/nodes.i"
include "exec/libraries.i"
include "exec/initializers.i"
include "exec/memory.i"

STRUCTURE MyLib,LIB_SIZE
          STRUCT      myl_Feld,10
          LABEL MyLib_SIZE

XREF _AbsExecBase
XREF _LVOInitStruct
XREF _LVOAllocMem

          move.l      _AbsExecBase,a6
          move.l      #MEMF_CLEAR!MEMF_PUBLIC,d1
          move.l      #MyLib_SIZE,d0
          jsr         _LVOAllocMem(a6)
          tst.l       d0
          beq.s       Fehler_Alloc
          move.l      d0,a2
          lea         Tabelle,a1
          move.l      #MyLib_SIZE,d0
          jsr         _LVOInitStruct(a6)
Fehler_Alloc:
          rts

Byte      EQU         2

Tabelle:
          INITBYTE    LN_TYPE,NT_LIBRARY
          INITLONG    LN_NAME,MyName
          INITSTRUCT  Byte,myl_Feld,0,10

;Werte, die kopiert werden.
;Die Beispielwerte haben keine Funktion. Sie dienen nur
;als Beispiel.

          dc.b 11,22,33,44,55,66,77,88,99,00
          ds.w        0
          dc.l        0               ;Tabellenende


MyName:   dc.b 'meinelibrary.library',0

          END
```

MakeLibrary

```
Funktion: Library= MakeLibrary(Vektoren,Struktur,Init,Größe,SegListe)
               D0                 A0       A1    A2    D0     D1
Offset:   -84
```

Beschreibung

Mit dieser Funktion ist es möglich, eine eigene Library-Struktur oder verwandte Strukturen (Device, Resource) zu erstellen. Der Speicherplatz, den die Library-Struktur belegt, wird von der Funktion selbständig belegt, und lib_NenSize und lib_PosSize werden korrekt initialisiert.

Parameter

Vektoren

Zeiger auf eine Tabelle der Vektoren für die Library. In der Tabelle stehen entweder direkt die Zeiger auf die verschiedenen Funktionen oder Offsets, die zu der Basisadresse der Library addiert werden, um den Einsprung für die Funktion zu erhalten. Wenn Sie in der Tabelle Offsets gespeichert haben, so muß die Tabelle mit $FFFF (-1) begonnen werden. Die Endmarkierung für die Tabelle ist wieder -1 mit der gleichen Länge der Einträge in der Tabelle (Wortlänge für Offsettabelle, Langwort für Zeiger auf Funktionen).

Struktur

Zeiger auf eine Initialisierungstabelle, wie sie schon für die InitStrukt-Funktion beschrieben wurde. Die Library-Struktur wird mit dieser Tabelle erst am Ende der Funktion MakeLibrary() aufgebaut. Die Einträge lib_NegSize und lib_PosSize dürfen nicht mit Hilfe der Tabelle initialisiert werden, da sonst die von der Funktion errechneten und bereits eingefügten Werte wieder überschrieben werden. Ist der Parameter "Struktur" in der MakeLibrary()-Funktion nicht gesetzt, wird keine Tabelle zur Initialisierung verwandt, wodurch das Erstellen der Struktur "von Hand" geschehen muß.

Init

Zeiger auf ein eigenes Programm, das am Ende der MakeLibrary()-Funktion, sofern der Zeiger gesetzt ist, aufgerufen wird. In einer eigenen Routine kann man beispielsweise die Library-Struktur initialisieren, wenn dies nicht schon mit Hilfe einer Initialisierungstabelle

geschehen ist. Der Zeiger auf die zu erstellende Library-Struktur wird in D0 und der Zeiger aufdie Segment-Liste in A0 übergeben. Sollte die Init-Routine D0 verändern, so wird diese Veränderung als Parameter beim Beenden der Funktion übergeben.

Größe
Länge des von der Library-Struktur benötigten Datenbereichs (z.B. MyLib_SIZE aus InitStruct Beispielprogramm).

SegListe
Zeiger auf eine Segment-Liste, der bei Verwendung der Init-Routine in A0 übergeben wird. Der Zeiger wird nur benutzt, wenn es sich um eine aus dem LIBS-Ordner geladene Library handelt.

Rückgabeparameter

Library
Zurückgegebener Zeiger auf die Library-Struktur, was nicht mit dem Anfang des für die Library belegten Speichers zu verwechseln ist.

Mit der zuvor besprochenen Funktion ist es möglich, eine eigene Library zu erstellen. Diese ist jedoch noch nicht in die LibListe der ExecBase-Struktur eingefügt. Außerdem ist die Prüfsumme der Library noch nicht berechnet. Für diese Aufgaben stellt die Exec-Library eine weitere Funktion zur Verfügung, die sich AddLibrary() nennt.

AddLibrary

```
Funktion:  AddLibrary(Library)
                      A1
Offset: -396
```

Beschreibung
Einbinden der Library in die EXEC-Library-Liste.

Parameter

Library
Zeiger auf die mit MakeLibrary() erstellte Library-Struktur.

Die eigene Library

Nachdem die entsprechenden Funktionen erklärt wurden, können wir in die Praxis übergehen und eine eigene Library schreiben.

Unsere Library muß nach dem Assemblieren in den LIBS-Ordner der System-Diskette kopiert werden und kann mit "OpenLibrary ("test.library")" aufgerufen werden. Sie stellt nur das Skelett einer Library dar, in die eigene Funktionen integriert werden müssen. Als Beispiel werden zwei Funktionen zur Verfügung gestellt, die keinen Anspruch erheben, überaus nützlich zu sein, sondern nur die Methode der Erstellung zeigen.

Das Library-Beispiel einer eigenen Library ist mit dem Metacomco-Assembler "ASSEM" geschrieben.

```
;Anmerkung zu der Dokumentation des Programms:
;Die Zeichen '>=' signalisiert, daß das nachfolgende Register,
;dessen Inhalt beschrieben ist, ein Eingabeparameter ist.

;Die Zeichen '=>' markieren einen Ausgabeparameter


 include "exec/types.i"
 include "exec/initializers.i"
 include "exec/libraries.i"
 include "exec/lists.i"
 include "exec/nodes.i"
 include "exec/resident.i"
 include "libraries/dos.i"
 include "exec/alerts.i"

CALLSYS MACRO
          jsr _LVO\1(a6)
          ENDM
XLIB      MACRO
          XREF _LVO\1
          ENDM

;Struktur unserer eigenen Library

 STRUCTURE  MyLib,LIB_SIZE
          ULONG ml_SysLib
          ULONG ml_DosLib
          ULONG ml_SegList
```

```
                UBYTE ml_Flags
                UBYTE ml_pad
                LABEL MyLib_Sizeof

     XLIB       OpenLibrary
     XLIB       CloseLibrary
     XLIB       FreeMem
     XLIB       Remove
     XLIB       Alert

Version         equ 1               ;Version der Library
Revision        equ 0               ;Überarbeitung der Library
Pri             equ 0               ;Pri. der Library (unwichtig)

;Damit kein Absturz des Systems erfolgt, wenn die Library versehentlich
;als Programm geladen wird, stehen die beiden folgenden Befehle.

Start:
                moveq #0,d0
                rts

;Die Resident-Struktur wird von der InitResident-Funktion benutzt,
;um unsere Library aufzubauen. Die Exec-Funktion InitResident wird
;von der Routine zum Laden einer Library aus der RAM-Library aufgerufen.

Resident:
                dc.w RTC_MATCHWORD      ;Code für Resident
                dc.l Resident           ;Zeiger auf Anfang der Struktur
                dc.l CodeEnde           ;Zeiger auf Ende der Struktur
                dc.b RTF_AUTOINIT       ;Flag für automatischen Aufruf
                dc.b Version            ;Version der Library
                dc.b NT_LIBRARY         ;Typ der Residen-Str. =Library
                dc.b Pri                ;Priorität der Resident-Strukt.
                dc.l LibName            ;Zeiger auf den Namen der Library
                dc.l idString           ;Erläuterungs-String für Library
                dc.l Init               ;Zeiger auf die Initialisierungs-
                                        ;tabelle

LibName:        dc.b 'test.library',0
idString:       dc.b 'test.library 1.0 (10 Mai 88)',13,10,0
DosName:        dc.b 'dos.library',0
                ds.w 0

;Ende der Resident-Struktur

CodeEnde:

;Initialisierungstabelle, die von der InitResedent-Funktion verwendet
;wird, um die entsprechenden Parameter an die MakeLibrary-Funktion
;zu übergeben.

Init:           dc.l MyLib_Sizeof       ;Größe der Library-Struktur
                dc.l FuncTable          ;Zeiger auf Tabelle der
                                        ;Lib-Funktionen
                dc.l DataTable          ;Zeiger auf Tabelle für InitFunktion
                dc.l InitRoutine        ;Zeiger auf die eigene Erstell-
```

```
                                        ;Routine (Aufruf von MakeLibrary())

FuncTable:
;----------- System Routinen

                dc.l Open
                dc.l Close
                dc.l Expunge
                dc.l Null
;----------- Eigene Routinen

                dc.l BildBlink
                dc.l LEDBlink
;----------- Endmarkierung

                dc.l -1

;Tabelle, die der Funktion InitStruct übergeben wird.

;INITBYTE, INITWORD und INITLONG sind Macros, die in dem Include-File
;"exec/initializers.i" zu finden sind.
;(siehe Beschreibung im Library-Kapitel des Buches)

DataTable:  INITBYTE  LH_TYPE,NT_LIBRARY
            INITLONG  LN_NAME,LibName
            INITBYTE  LIB_FLAGS,LIBF_SUMUSED!LIBF_CHANGED
            INITWORD  LIB_VERSION,Version
            INITWORD  LIB_REVISION,Revision
            INITLONG  LIB_IDSTRING,idString
            dc.l 0

;Die folgende Routine wird von der MakeLibrary-Funktion aufgerufen.
;Sie dient der Initialisierung weiterer Library-Einträge, die nicht
;über den DataTable erfolgen können.

;>= D0 = Zeiger auf die Library-Struktur
;>= A0 = Zeiger auf die Segmentliste der geladenen Library
;>= A6 = Zeiger auf Execbase

;=> D0 = Zeiger auf die Library-Struktur

InitRoutine:
            move.l a5,-(a7)                 ;A5 retten
            move.l d0,a5                    ;Zeiger auf MyLib
            move.l a6,ml_SysLib(a5)         ;Zeiger auf ExecLib
            move.l a0,ml_SegList(a5)        ;Segmentliste eintragen
            lea DosName(pc),a1              ;Zeiger auf DOS-Namen
            move.l #Version,d0
;Versionsnummer =
0
            CALLSYS OpenLibrary             ;Open Library
            move.l d0,ml_DosLib(a5)         ;Adresse eintragen
            bne.s 1$                        ;Ok, Lib gefunden

;ALERT ist ein Macro, das in dem Include-File "exec/alerts.i"
```

```
;zu finden ist. Dieses Macro gibt einen Guru (Alert) aus, falls
;die DOS-Library nicht zu finden war.

            ALERT AG_OpenLib!AO_DOSLib          ;Alert ausgeben

1$:

;Hier kann Ihre eigene Initialisierungsroutine stehen
;Hier kann Ihre eigene Initialisierungsroutine stehen
;Hier kann Ihre eigene Initialisierungsroutine stehen

            move.l a5,d0                        ;Zeiger auf Mylib

            move.l (a7)+,a5                     ;Register holen
            rts                                 ;Rücksprung

;Die folgende Routine wird von der Funktion OpenLibrary()
;aufgerufen, nachdem die Library vollständig erstellt wurde.

;>= A6 = Zeiger auf die eigene Library-Struktur

;>= D0 = Zeiger auf die eigene Library-Struktur

Open:
            addq.w #1,LIB_OPENCNT(a6)          ;Zähler für Anzahl der
                                               ;Zugriffe auf die Library
                                               ;erhöhen
            bclr #LIBB_DELEXP,ml_Flags(a6)     ;Flag für Entfernen
                                               ;der Library
                                               ;Library löschen
            move.l a6,d0                       ;Rückgabeparameter setzen
            rts                                ;Rücksprung

;Wenn die Library von einem Task nicht mehr gebraucht wird, so
;schließt er sie, um dem Betriebssystem die Möglichkeit zu geben,
;die unbenutzte Library aus dem System zu entfernen.
;Die Library wird erst entfernt, wenn die AllocMem-Funktion
;feststellt, daß nicht genügend Speicher zur Verfügung steht und
;kein Task auf die Library zugreift.

;Sie können erzwingen, daß die Library entfernt wird, wenn Sie vor
;dem Aufruf der CloseLibrary-Funktion das LIBB_DELEXP-Flag setzen
;(Include-File "exec/libraries.i").

Close:
            clr.l d0                           ;Zeiger auf Segmentliste
                                               ;löschen (wichtig)

            subq.w #1,LIB_OPENCNT(a6)          ;Zähler für Öffnung der
                                               ;Library -1
            bne.s 1$                           ;Springe, wenn Library
                                               ;noch verwendet wird
            btst #LIBB_DELEXP,ml_Flags(a5)     ;Ist das LIBB_DELEXP
                                               ;Flag gesetzt?
            beq.s 1$                           ;Ende, wenn nicht gesetzt
            bsr Expunge                        ;Library entfernen
```

```
1$:         rts                         ;Rücksprung

;Routine zum Entfernen der Library aus dem Speicher.

;>= A6 = Zeiger auf Library

;=> D0 = Zeiger auf Segmentliste der geladenen Library

Expunge:
            movem.l d1/a5-a6,-(a7)        ;Register retten
            move.l a6,a5                  ;Zeiger auf Library nach A5
            move.l ml_SysLib(a5),a6       ;ExecBase nach A6
            tst.w LIB_OPENCNT(A5)         ;Wird Library noch gebraucht?
            beq 1$                        ;Springe, wenn nicht gebraucht
            bset #LIBB_DELEXP,ml_Flags(a5) ;Anzeigen, daß ein Entfernen
                                          ;der Library gewünscht ist
            clr.l d0                      ;Zeiger auf
                                          ;Segmentliste löschen
            bra.s Expunge_end             ;Unbedingter Sprung
1$:         move.l ml_SegList(a5),d2      ;Zeiger auf Segmentliste
                                          ;nach D2
            move.l a5,a1                  ;Zeiger auf Library nach A1
            CALLSYS Remove                ;Library aus Exec-Lib-Liste
                                          ;löschen
            move.l ml_DosLib(a5),a1       ;Zeiger auf DOS-Library
            CALLSYS CloseLibrary          ;Library schließen
            clr.l d0                      ;D0 löschen
            move.l a5,a1                  ;Zeiger auf Library
            move.w LIB_NEGSIZE(a5),d0
            sub.l d0,a1                   ;Zeiger auf Anfang des von
                                          ;der Library belegten
                                          ;Speichers holen
            add.w LIB_POSSIZE(a5),d0      ;Länge des belegten Speichers
                                          ;ermitteln
            CALLSYS FreeMem               ;Speicher freigeben
            move.l d2,d0                  ;Zeiger auf Segmentliste
                                          ;nach D0
Expunge_end:
            movem.l (a7)+,d2/a5-a6        ;Register zurückholen
            rts                           ;Rücksprung

;Die folgende Funktion kann mit Offset -24 erreicht werden. Sie
;wird in der jetzigen Kickstart-Version nicht verwendet.

Null:
            moveq #0,d0                   ;D0 löschen
            rts                           ;Rücksprung

;Ab hier beginnen die eigenen Library-Funktionen.
;Die hier abgedruckten Funktionen sind lediglich als Beispiel
;für das Erstellen eigener Libraries gedacht und erfüllen
;keinen besonders nützlichen Zweck

;Blinken des Bildschirms

BildBlink:
            move.l #$20000,d0             ;Zähler für Schleife nach D0
1$:         move.w d0,$dff180             ;Wert in
```

```
                                        ;Farbregister schreiben
         subq.l #1,d0                   ;Zählwert verringern
         bne 1$                         ;Springe, wenn Zähler <> 0
         rts                            ;Rücksprung

;Blinken der LED

LEDBlink:
         bchg #1,$bfe001                ;Blinken der LED
         rts                            ;Rücksprung

         END
```

2.9 Interne IO-Handhabung auf dem Amiga

In diesem Kapitel soll weniger auf die Benutzung der verschiedenen Devices eingegangen werden, als vielmehr gezeigt werden, wie Exec die IO-Verwaltung vornimmt. Wie man die Ein- und Ausgabesteuerung des Amiga in seinen eigenen Programmen verwendet, wird im DOS-Kapitel dieses Buches gezeigt. Die Kenntnis dieses Kapitels ist zu empfehlen, um das folgende besser verstehen zu können.

2.9.1 Aufbau der IORequest-Struktur

Zum Erledigen von Ein- und Ausgabeprozessen brauchen wir eine IORequest-Struktur, über die wir unsere Befehle an das Device übergeben können.

Es gibt zwei Arten von IORequest-Stukturen, die sich IORequest und IOStdReq (IO-Standard-Request) nennen. Die IOStdReq-Struktur ist eine Erweiterung der IORequest-Struktur. Die Strukturen haben folgendes Aussehen:

```
     struct IORequest {
0       struct Message io_Message;
20      struct Device *io_Device;
24      struct Unit *io_Unit;
28      UWORD io_Command;
30      UBYTE io_Flags;
31      BYTE io_Error;
     };
```

io_Message
Eine Message-Struktur, wie sie in Kapitel 2.4 beschrieben wurde. Sie wird gebraucht, damit das Device uns mitteilen kann, daß es mit der Bearbeitung des IO-Commands fertig ist. Die Message-Struktur muß korrekt initialisiert werden, bevor die Ein- und Ausgabe funktionieren kann.

**io_Device*
Zeiger auf die zu benutzende Device-Struktur, die noch beschrieben wird.

**io_Unit*
Zeiger auf eine Unit-Struktur, deren Beschreibung ebenfalls folgt.

io_Command
Wort, in dem der auszuführende Befehl übergeben wird.

io_Flags
Wird benötigt, um Device-spezifische Statusmeldungen oder Befehle übergeben zu können. Das Byte ist in High- und Lownibble unterteilt. Die unteren vier Bits werden von Exec für interne Zwecke benutzt. Die oberen vier Bits können vom Programmierer benutzt werden, um mit dem Device zu kommunizieren.

io_Error
Wird benötigt, um dem Programmierer Fehlermeldungen zu übergeben.

Oft reicht diese Struktur nicht aus, um ein Device benutzen zu können. Für den Fall existiert noch eine weitere Struktur, die dem Benutzer mehr Möglichkeiten bietet. Sie sieht wie folgt aus:

```
    struct IOStdReq {
0     struct Message io_Message;
20    struct Device *io_Device;
24    struct Unit   *io_Unit;
28    UWORD io_Command;
30    UBYTE io_Flags;
31    BYTE  io_Error;
32    ULONG io_Actual;
36    ULONG io_Length;
40    APTR  io_Data;
44    ULONG io_Offset;
    };
```

io_Actual
Gibt beispielsweise die Anzahl der tatsächlich übertragenen Bytes an. Der Wert kann erst nach der Beendigung der Übertragung ausgelesen werden. Die Nutzung von io_Actual ist Device-abhängig.

io_Length
Gibt die Anzahl der zu übertragenden Bytes an. Dieser Wert muß vor der Übertragung initialisiert werden. Oft wird der Wert auf -1 gesetzt, um eine variable Anzahl von Bytes zu übertragen.

io_Data
Zeiger auf den Datenpuffer, in den die Daten übertragen werden sollen oder aus dem Daten zur Übertragung gelesen werden.

io_Offset
Gibt den Offset an, der Device-spezifisch benutzt wird. Beim Trackdisk-Device wird im Offset der Block angegeben, der benutzt werden soll. Der Block wird nicht, wie man vermuten könnte, als Blocknummer, sondern als Byte-Offset übergeben (Blocknummer * 512).

2.9.2 Aufbau eines Devices

Die Device-Struktur hat das Aussehen einer Library:

```
struct Device {
  struct Library dd_Library;
};

#define DEV_BEGINIO (-30L)
#define DEV_ABORTIO (-36L)
#define IOB_QUICK   0L
#define IOF_QUICK   (1L<<0)
#define CMD_INVALID 0L
#define CMD_RESET   1L
#define CMD_READ    2L
#define CMD_WRITE   3L
#define CMD_UPDATE  4L
#define CMD_CLEAR   5L
#define CMD_STOP    6L
#define CMD_START   7L
#define CMD_FLUSH   8L
#define CMD_NONSTD  9L
```

Um ein Device benutzen zu können, müssen Sie es zuvor öffnen. Der Befehl zum Öffnen eines Devices lautet:

OpenDevice

```
Error = OpenDevice (Name,Unit,IORequest,flags)
D0                  A0   D0   A1        D1
```

Vor der Verwendung der OpenDevice()-Funktion muß die IORequest-Struktur initialisiert worden sein.

Jedes Device, wie auch die Libraries, verfügt über eine Sprungtabelle, deren Einsprünge mit negativen Offsets erreicht werden. Die so erreichbaren Funktionen dienen zum Öffnen und Schließen eines Devices, sowie zum Ausführen eines IOs. Eine solche Routine ist nötig, damit eine Funktion wie beispielsweise OpenDevice() jedes Device öffnen kann, auch wenn die zu erledigenden Tätigkeiten von Device zu Device verschieden sind. In der OpenDevice()-Funktion wird dann für die Device-spezifischen Prozesse in die Routine des entsprechenden Devices eingesprungen.

Jedes Device stellt folgende Funktionen zur Verfügung:

Offset	Funktion
-36	AbortIO
-30	BeginIO (IO-Ausführen)
-12	Close
-6	Open

Sehen wir uns doch anhand der Assembler-Routine eimal genauer an, was geschieht, wenn ein Device geöffnet werden soll.

Die hier gezeigte Routine ist der wichtigste Teil der OpenDevice()-Funktion, wird jedoch nicht von der Exec-Library direkt, sondern letztendlich von einer Routine über die RAM-Library aufgerufen. In die Routine wird eingesprungen mit:

```
D0 = Unit
D1 = Flags
A0 = Zeiger auf Device-Name
A1 = Zeiger auf IORequest
A6 = Zeiger auf ExecBase

fc0666 move.l  A2,-(A7)        A2 retten
fc0668 move.l  A1,A2           Zeiger auf IORequset nach A2
fc066a clr.b   31(A1)          Error-Flag löschen
fc066e movem.l D1-D0,-(A7)     D0 und D1 retten
fc0672 move.l  A0,A1           Zeiger auf Name nach A1
fc0674 lea     350(A6),A0      Zeiger auf DeviceList nach A0
fc0678 addq.b  #1,295(A6)      Forbid
```

```
fc067c bsr.l     $fc165a        Namen in DeviceList suchen
                                (FindName())
fc0680 move.l    D0,A0          Zeiger auf Device nach A0
fc0682 movem.l   (A7)+,D1-D0    D0 und D1 zurückholen
fc0686 move.l    A0,20(A2)      Zeiger auf Device in IOReqest
                                eintragen
fc068a beq.s     $fc06ac        Fehler, Device nicht vorhanden
fc068c clr.l     24(A2)         Zeiger auf Unit löschen
fc0690 move.l    A2,A1          Zeiger auf IORequest nach A1
fc0692 move.l    A6,-(A7)       A6 retten
fc0694 move.l    A0,A6          Zeiger auf Device nach A6
fc0696 jsr       -6(A6)         Spring in OpenDevice ein
fc069a move.l    (A7)+,A6       A6 zurückholen
fc069c move.b    31(A2),D0      Error-Flag nach D0
fc06a0 ext.w     D0             Fehler Vorzeichen-erweitern
fc06a2 ext.l     D0             Fehler Vorzeichen-erweitern
fc06a4 jsr       -138(A6)       Permit()
fc06a8 move.l    (A7)+,A2       A2 zurückholen
fc06aa rts                      Rücksprung
```

Einsprung bei Device nicht gefunden (Fehler):

```
fc06ac moveq     #$ff,D0        Fehlerwert nach D0
fc06ae move.b    D0,31(A2)      In Error-Flag schreiben
fc06b2 bra.s     $fc06a4        Unbedingter Sprung
```

Wie auch bei der eben beschriebenen Routine ist die nun folgende Routine nur der wichtigste Auszug aus der CloseDevice()-Funktion.

Die Routine wird angesprungen mit:

```
A1 = Zeiger auf IORequest
A6 = Zeiger auf ExecBase

fc06b4 addq.b    #1,295(A6)     Forbid
fc06b8 move.l    A6,-(A7)       A6 retten
fc06ba move.l    20(A1),A6      Zeiger auf Device nach A6
fc06be jsr       -12(A6)        Einspringen in CloseDevice
fc06c2 move.l    (A7)+,A6       A6 zurückholen
fc06c4 jsr       -138(A6)       Permit
fc06c8 rts                      Rücksprung
```

Als Beispiel für die Routine OpenDevice, die über Offest -6 vom Device ausgehend aufgerufen wird und Device-spezifische Aufgaben beim Öffnen des Devices übernimmt, wird jetzt die OpenDevice-Routine des Trackdisk-Devices näher erläutert.

Die Unitnumber gibt beim Trackdisk-Device die Laufwerknummer des Laufwerks an, das angesprochen werden soll. Für jedes der vier möglichen Laufwerke ist ein Zeiger in der Device-Struktur reserviert, der, sofern das Laufwerk vorhanden ist, auf einen entsprechenden

Message-Port für das Laufwerk zeigt. Dieser Port hat wie auch das Device selbst zusätzlich zu den standardmäßigen Einträgen, die in der C-Struktur festgelegt sind, noch eigene, nicht standardisierte Einträge, wie beispielsweise einen Zähler für die Anzahl der Zugriffe in der Message-Port-Struktur.

Die Routine wird aufgerufen mit:

```
D0 = Unitnumber
D1 = Flags
A1 = Zeiger auf IORequest
A6 = Zeiger auf Device

fe9f42 movem.l A4/A2/D2,-(A7)    D2, A2, A4 retten
fe9f46 move.l  A1,A4             Zeiger auf IORequest nach A4
fe9f48 move.l  D0,D2             Laufwerknummer nach D2
fe9f4a cmpi.l  #$00000004,D0     Nummer zu groß?
fe9f50 bcs.s   $fe9f56           Verzweige, wenn Nummer ok
fe9f52 moveq   #$20,D0           Sonst Fehlernummer nach D0
fe9f54 bra.s   $fe9f82           Fehler übergeben, Ende
fe9f56 lsl.w   #2,D0             Nummer *4 für Offset
fe9f58 lea     36(A6),A2         Zeiger auf Laufwerks-Port
fe9f5c adda.l  D0,A2             Offset addieren
fe9f5e move.l  (A2),A0           Laufwerks-Port nach A0
fe9f60 move.l  A0,D0             Ist Laufwerk vorhanden?
fe9f62 bne.s   $fe9f70           Verzweige, wenn alles ok
fe9f64 bsr.l   $fe9d3e           Sonst Laufwerks-Port bestimmen
fe9f68 tst.l   D0                Port gefunden?
fe9f6a bne.l   $fe9f82           Verzweige, wenn nicht gefunden
fe9f6e move.l  A0,(A2)           Port in Device eintragen
fe9f70 move.l  A0,24(A4)         Port in IORequest eintragen
fe9f74 addq.w  #1,32(A6)         Anzahl der Zugriffe beim Device
                                 erhöhen
fe9f78 addq.w  #1,36(A0)         Anzahl der Zugriffe beim
                                 Laufwerks-Port erhöhen
fe9f7c movem.l (A7)+,A4/A2/D2    D2, A2, A4 zurückholen
fe9f80 rts                       Rücksprung
```

Einsprung bei Fehler bei der Laufwerks-Port-Zuweisung:

```
fe9f82 move.b  D0,31(A4)         Fehlernummer ins Error-Flag
fe9f86 moveq   #$ff,D0           Zeichen für Fehler nach D0
fe9f88 move.l  D0,24(A4)         Zeiger auf Unit löschen
fe9f8c move.l  D0,20(A4)         Zeiger auf Device löschen
fe9f90 bra.s   $fe9f7c           Unbedingter Sprung
```

Die Funktion CloseDevice() springt mit dem Offset -12 vom Device aus in eine Device-eigene Routine ein. Die Routine hat für das Trackdisk-Device folgendes Aussehen:

```
fe9f92 movem.l A3-A2,-(A7)       A2 und A3 retten
fe9f96 move.l  A1,A2             Zeiger auf IORequest nach A2
fe9f98 move.l  24(A2),A3         Zeiger auf Laufwerks-Port
```

```
                                  nach A3
fe9f9c subq.w  #1,36(A3)          Anzahl der Zugriffe verringern
fe9fa0 bne.s   $fe9fa8            verzweige, wenn Laufwerk noch
                                  benötigt wird
fe9fa2 bset    #3,64(A3)          Flag setzen
fe9fa8 subq.w  #1,32(A6)          Anzahl der Zugriffe auf das
                                  Device verringern
fe9fac moveq   #$ff,D0            Löschwert laden
fe9fae move.l  D0,24(A2)          Zeiger auf Port löschen
fe9fb2 move.l  D0,20(A2)          Zeiger auf Device löschen
fe9fb6 movem.l (A7)+,A3-A2        A2 und A3 wiederherstellen
fe9fba moveq   #$00,D0            Rückmeldung Null nach D0
fe9fbc rts                        Rücksprung
```

2.9.3 IO-Steuerung über Exec-Funktionen

Zu einem Device gehört immer auch ein Task, dem die Befehle übergeben werden. Um einem Device einen Befehl übergeben zu können, gibt es die folgenden Funktionen:

DoIO

```
Funktion:  Fehler = DoIO(IORequest)
                    D0      A1
Offset:  -456
```

Beschreibung

Diese Funktion wird meistens für die Ein-/Ausgabesteuerung verwendet. Sie wartet, bis der übergebene Befehl beendet wird, und kehrt erst dann wieder zum eigentlichen Programm zurück. Während des Wartens wird der Task auf "Wait" gesetzt.

SendIO

```
Funktion:  SendIO(IORequeset)
                  A1
Offset:  -462
```

Beschreibung

Die Funktion dient zum Senden eines IOs an das entsprechende Device, wartet jedoch nicht auf dessen Beendigung.

CheckIO

```
Funktion:  fertig = CheckIO(IORequest)
            D0               A1
Offset:   -468
```

Beschreibung

Die Funktion prüft, ob ein bestimmter IO-Prozeß bereits abgearbeitet wurde. Sollte dies der Fall sein, so wird in D0 der Zeiger auf die entsprechende IORequest-Struktur zurückgegeben. Ist der IO-Prozeß nicht fertig, wird eine Null übergeben.

WaitIO

```
Funktion:  WaitIO(IORequest)
                     A1
Offset:   -474
```

Beschreibung

Die Funktion wartet solange, bis der IO-Prozeß erledigt ist. Während dieser Zeit wird der laufende Task auf Wait gesetzt, um andere Tasks abarbeiten zu können. Die Funktionen SendIO und WaitIO ergeben zusammengesetzt den Befehl DoIO.

AbortIO

```
Funktion:  AbortIO(IORequest)
                      A1
Offset:   -480
```

Beschreibung

Die Funktion beendet einen IO-Prozeß, wie sich auch schon anhand des Namens ersehen läßt.

Nach dieser Kurzbeschreibung der Funktionen wollen wir uns einmal ansehen, wie diese Funktionen im Betriebssystem aussehen.

Die DoIO-Assembler-Routine hat folgendes Aussehen:

In A1 steht ein Zeiger auf die zuvor errichtete IORequest-Struktur.

```
fc06dc move.l  A1,-(A7)          A1 retten
fc06de move.b  #$01,30(A1)       Quick-Bit setzen
fc06e4 move.l  A6,-(A7)          A6 retten
fc06e6 move.l  20(A1),A6         Zeiger auf Device holen
fc06ea jsr     -30(A6)           Zu IO-Ausführen springen
fc06ee move.l  (A7)+,A6          A6 holen
fc06f0 move.l  (A7)+,A1          A1 holen
```

Ab hier beginnt die Funktion WaitIO, die von der DoIO-Funktion benutzt wird.

```
fc06f2 btst    #0,30(A1)         Quick-Bit testen
fc06f8 bne.s   $fc0744           Fertig, wenn gesetzt
fc06fa move.l  A2,-(A7)          A2 retten
fc06fc move.l  A1,A2             Zeiger auf IORequest nach A2
fc06fe move.l  14(A2),A0         Zeiger auf Reply-Port
fc0702 move.b  15(A0),D1         Signal-Bit für Port holen
fc0706 moveq   #$00,D0           D0 löschen
fc0708 bset    D1,D0             Bit für Signal setzen
fc070a move.w  #$4000,$dff09a    Disable-
fc0712 addq.b  #1,294(A6)        Macro
fc0716 cmpi.b  #$07,8(A2)        Typ der Msg = Reply MSG?
fc071c beq.s   $fc0724           Verzweige, wenn Typ ok
fc071e jsr     -318(A6)          Sonst auf Msg warten ( Wait() )
fc0722 bra.s   $fc0716           Unbestimmter Sprung
fc0724 move.l  A2,A1             IORequest nach A1
fc0726 move.l  (A1),A0
fc0728 move.l  4(A1),A1          Node aus Reply-Msg.-Liste
fc072c move.l  A0,(A1)           entfernen
fc072e move.l  A1,4(A0)
fc0732 subq.b  #1,294(A6)        Enable-
fc0736 bge.s   $fc0740
fc0738 move.w  #$c000,$dff09a    Macro
fc0740 move.l  A2,A1             Zeiger auf IORequest nach A1
fc0742 move.l  (A7)+,A2          A2 herstellen
fc0744 move.b  31(A1),D0         Fehler-Flag nach D0
fc0748 ext.w   D0                Vorzeichen-erweitern
fc074a ext.l   D0                Vorzeichen-erweitern
fc074c rts                       Rücksprung
```

In der obigen Routine wird als erstes das Quick-Bit gesetzt. Dann wird der Zeiger auf das Device nach A6 gebracht und in die BeginIO-Funktion eingesprungen, die später noch anhand des Trackdisk-Devices beschrieben wird. In dieser Routine wird der auszuführende Befehl auf seine Gültigkeit überprüft und gegebenenfalls an den Trackdisk-Task übergeben. Kehrt das Programm aus dieser Routine zurück, ist der Message-Typ in der IORequest-Struktur immer auf "Message" gestellt. Dem Task wird in der Routine die IORequest-Struktur als Message übergeben.

An dieser Stelle ist die Befehlsübergabe schon abgeschlossen. Es wird jetzt lediglich auf deren Beendigung gewartet. Sollte das Quick-Bit

nicht gelöscht worden sein, ist die Routine jetzt zu Ende. Ansonsten muß geprüft werden, ob der IO-Prozeß beendet wurde. Für diese Überprüfung reicht es aus, den Typ der Message-Struktur auf "Reply-Msg" zu testen. Ist das nicht der Fall, geht der Task in Wartestellung, bis eine entsprechende Message eingetroffen ist.

Es ist wahrscheinlich nötig, genauer zu erklären, warum es ausreicht, die Unterstruktur "Message" in der IORequest-Struktur auf den Typ Reply-Msg. zu prüfen.

Von der BeginIO-Routine (die Routine, die vom Device zur Verfügung gestellt wird (Offset -30)) wird eine Message zu dem entsprechenden Task, der die Befehlsbearbeitung übernimmt, geschickt. Als Message wird hier unsere IORequest-Struktur gesandt, was mit der Funktion PutMsg() geschieht. In der Funktion wird der Typ der zu schickenden Message automatisch auf "Message" gestellt (Byte-Wert 05). Unsere IORequest-Struktur hat zwar immer noch die gleiche Position im Speicher, ist jetzt jedoch mit ihrer Node-Struktur in die Message-Liste des Tasks eingehängt. Der Task arbeitet unseren Befehl ab und sendet als Rückmeldung, daß er mit seiner Arbeit fertig ist, eine Reply-Message. Als Message wird wieder die IORequest-Struktur gesandt. Von der ReplyMsg()-Funktion wird der Typ der zu sendenden Message wieder automatisch auf ReplyMsg (Byte-Wert 07) gestellt und in die Message-Liste des Reply-Ports eingehängt. Die WaitIO()-Funktion prüft den Typ der Message-Struktur in unserer IORequest-Struktur, stellt fest, daß es sich um eine Reply-Message handelt (sie wurde ja soeben als solche gesandt) und muß noch die Repy-Message, die in die ReplyMsg-Liste eingefügt wurde, wieder entfernen.

Beschreibung der Funktion SendIO

In A1 steht der Zeiger auf die IORequest-Struktur.

```
fc06ca clr.b   30(A1)       Alle Flags löschen
fc06ce move.l  A6,-(A7)     A6 retten
fc06d0 move.l  20(A1),A6    Zeiger auf Device holen
fc06d4 jsr     -30(A6)      Zu BeginIO springen
fc06d8 move.l  (A7)+,A6     A6 zurückholen
fc06da rts                  Rücksprung
```

Sie sehen, daß die SendIO-Funktion nichts anderes ist als der erste Teil der DoIO-Funktion.

Beschreibung der Funktion CheckIO

In A1 steht der Zeiger auf die IORequest-Struktur.

```
fc074e btst    #0,30(A1)      Prüfe, ob Quick-Bit gesetzt
fc0754 beq.s   $fc075a        Verzweige, wenn nicht gesetzt
fc0756 move.l  A1,D0          Ansonsten Ok-Meldung übernehmen
fc0758 rts                    Rücksprung
fc075a cmpi.b  #$07,8(A1)     Typ der Message-Struktur
                              = Replymsg?
fc0760 beq.s   $fc0766        Ja, dann positive Rückmeldung
fc0762 moveq   #$00,D0        Ansonsten negative Rückmeldung
fc0764 rts                    Rücksprung
fc0766 move.l  A1,D0          Ok-Meldung übergeben
fc0768 rts                    Rücksprung
```

Die CheckIO-Funktion prüft lediglich, ob eine Reply-Message eingegangen ist. Sollte das der Fall sein, wird der Zeiger auf die IORequest-Struktur in D0 übergeben, sonst wird einen Null in D0 zurückgesandt.

Sie sehen, daß in dieser Routine zwar geprüft wird, ob eine Reply-Message angekomen ist, diese jedoch nicht aus der Liste der Reply-Messages entfernt wird. Das Entfernen der Reply-Message muß bei der Benutzung der CheckIO-Funktion, sofern das Quick-Bit nicht gesetzt ist, von Hand, z.B. mit der GetMsg()-Funktion, erledigt werden.

Beschreibung der Funktion AbortIO

In A1 steht der Zeiger auf die IORequest-Struktur.

```
fc076a move.l  A6,-(A7)       A6 retten
fc076c move.l  20(A1),A6      Zeiger auf Device nach A6
fc0770 jsr     -36(A6)        In AbortIO einspringen
fc0774 move.l  (A7)+,A6       A6 zurückholen
fc0776 rts                    Rücksprung
```

Wie schon gesagt verfügt jedes Device über eine kleine Sprungtabelle für die Verwaltung des Devices. Sehen wir uns anhand des Trackdisk-Devices die Routine, die sich hinter IO-Ausführen verbirgt, einmal näher an. Sie wird mit Offset -30 aufgerufen und von den Funktionen DoIO und SendIO verwendet.

In A1 steht der Zeiger auf die IORequest-Struktur, in A6 der Zeiger auf das Device.

```
fe9fbe clr.b   31(A1)         Error-Flag löschen
fe9fc2 moveq   #$00,D0        D0 löschen
```

```
fe9fc4 move.b  29(A1),D0              io_Command nach D0
fe9fc8 cmpi.b  #$16,D0                Erlaubter Befehl?
fe9fcc bcc.s   $fea016                Verzweige, wenn nicht erlaubt
fe9fce move.l  24(A1),A0              Zeiger auf Device-Port
fe9fd2 move.l  #$000c61c2,D1          Befehlsentschlüssel-Bits
fe9fd8 btst    D0,D1                  Befehl direkt ausführen?
fe9fda bne.s   $fe9ff0                Ja, Befehl ausführen
fe9fdc andi.b  #$7e,30(A1)            Quick-Bit löschen
fe9fe2 move.l  A6,-(A7)               A6 retten
fe9fe4 move.l  52(A6),A6              ExecBase holen
fe9fe8 jsr     -366(A6)               PutMsg (IORequest an Trackdisk-
                                      Task übergeben)
fe9fec move.l  (A7)+,A6               A6 holen
fe9fee bra.s   $fea014                Unbedingter Sprung

fe9ff0 bset    #7,30(A1)              Flag für Ausführen setzen
fe9ff6 move.b  #$05,8(A1)             Typ in IORequest-Struktur
                                      auf Message, damit WaitIO warten muß
fe9ffc movem.l A3-A2,-(A7)            A2 und A3 retten
fea000 move.l  A0,A3                  Zeiger auf Drive-Port nach A3
fea002 move.l  A1,A2                  Zeiger auf IORequest nach A2
fea004 lea     762(PC)(=$fea300),A0   Zeiger auf Befehlstab.
fea008 lsl.w   #2,D0                  Befehl *4, um Offset zu
                                      bekommen
fea00a move.l  0(A0,D0.W),A0          Einsprung holen
fea00e jsr     (A0)                   Einspringen
fea010 movem.l (A7)+,A3-A2            A2 und A3 wiederholen
fea014 rts                            Rücksprung
```

2.9.4 Schreiben eines eigenen Devices

Das Erstellen eines eigenen Devices unterscheidet sich in den Grundzügen nicht von dem Aufbau einer eigenen Library (siehe vergleichsweise Aufbau einer eigenen Library). Dies wird leicht einsehbar, wenn man bedenkt, daß beides (Libraries und Devcies) über nahezu dieselbe Routine der RAM-Library initialisiert werden.

Zum Öffnen eines Devices wird der Befehl OpenDevice() benutzt. Hier wird erst nachgesehen, ob das Device bereits im Speicher verfügbar ist. Ist dies nicht der Fall, wird es über den Name aus dem DEVS-Ordner der Systemdiskette mit LoadSeg() geladen.

Um zu verhindern, daß das Device versehentlich als ausführbares Programm geladen wird und dies zum Absturz des Systems führt, stellen die ersten Bytes folgende Befehle dar:

```
MOVEQ #0,D0
RTS
```

Wird das Device nicht als solches, sondern als Programm geladen, wird dieses sogleich ohne Fehlermeldung wieder entfernt.

Nach diesen beiden Befehlen beginnt eine Resident-Struktur, über die mit InitResident das Device erstellt wird.

Zuerst wird nur die reine Device-Struktur aufgebaut und in die Exec-Device-Liste eingefügt. Sobald ein Task auf dieses Device mit der Funktion OpenDevice() zugreift, wird die von ihm erwünschte Einheit (Unit) erstellt. Bei dem Prozeß wird nicht nur die Unit-Struktur aufgebaut, sondern auch ein Task initialisiert, der die Unit verwaltet.

Dem neu erstellten Task ist die Adresse seiner Unit-Struktur sowie der Device-Struktur nicht bekannt, sie müssen ihm nachträglich übermittelt werden. Dies geschieht über eine Message, die an ihn gesendet wird. Der Einfachheit halber wird in unserem Beispiel keine reine Task-Struktur, sondern eine Prozeß-Struktur (siehe Amiga-DOS) mit Hilfe der DOS-Funktion CreateProc() aufgebaut. Sie hat auch den Vorteil, daß sie bereits über eine Message-Port-Struktur verfügt, an die die soeben erwähne Message übermittelt werden kann.

Wie schon aus den vorangegangenen Teilen entnommen werden konnte, wird jeder Befehl durch eine IORequest-Struktur übermittelt. Dies geschieht üblicherweise über die Exec-Funktion DoIO(), die die Device-eigene BeginIO-Funktion aufruft.

Nicht jeder Befehl muß über den für die Unit erstellten Task (genauer Prozeß) verarbeitet werden. Bei manchen Befehlen ist es sinnvoll, sie direkt auszuführen. Es handelt sich hierbei immer um Befehle, die von mehreren Task problemlos parallel bearbeitet werden können, ohne daß die Tasks sich dabei gegenseitig stören (z.B. Auslesen eines Status).

Befehle, die auf bestimmte Register oder Strukturen schreibend einwirken, müssen, damit sie sich nicht gegenseitig stören, an den Task gesandt werden. Dort werden sie am Ende einer Liste eingereiht. Der Task arbeitet sie dann in der Reihenfolge ihrer Ankunft systematisch ab.

Für die direkt abzuarbeitenden Befehle wurde das Quick-Bit eingeführt, das nur für die DoIO-Funktion gebraucht wird. Sollte der übermittelte Befehl ein solcher sein, wird das von der DoIO-Funktion gesetzte Quick-Bit wieder gelöscht, um zu signalisieren, daß nach der

Rückkehr aus der BeginIO-Funktion der Befehl bereits ausgeführt wurde und folglich nicht auf seine Beendigung gewartet werden muß.

Das hier gezeigte Beispiel eines eigenen Devices hat keine praktischen Nutzen, sondern dient lediglich als Skelett, um eigene Device-Funktionen zu integrieren und bestehende zu ersetzen.

Das Device ist mit dem Metacomco-Assembler "ASSEM" geschrieben und nutzt folglich Includes und Macros.

Um ein Device zu testen, muß dies in den DEVS-Ordner der System-Diskette kopiert werden und mit dem entsprechenden Namen aufgerufen werden. Der hier verwendete Name ist:

```
"mydevice.device"

;Anmerkung zur Dokumentation:
;Die Zeichen '>=', bedeuten innerhalb der Dokumentation, daß das
;nachfolgende Register beim Einsprung in eine Unterroutine
;entsprechend der Erklärung gesetzt ist (Eingabeparameter).
;
;Die Zeichen '=>', geben einen Ausgabeparameter an.

 include "exec/types.i"
 include "exec/initializers.i"
 include "exec/libraries.i"
 include "exec/lists.i"
 include "exec/nodes.i"
 include "exec/resident.i"
 include "exec/alerts.i"
 include "exec/ables.i"
 include "exec/devices.i"
 include "exec/io.i"
 include "exec/memory.i"
 include "exec/errors.i"
 include "libraries/dos.i"
 include "libraries/dosextens.i"

CALLSYS     MACRO
            jsr _LVO\1(a6)
            ENDM
LINKSYS     MACRO
            move.l a6,-(a7)
            move.l \2,a6
            jsr _LVO\1(a6)
            move.l (a7)+,a6
            ENDM
XLIB        MACRO
            XREF _LVO\1
            ENDM
```

```
;Anzahl der von diesem Device verarbeiteten Units

MD_NUMUNITS EQU 4

;Die eigene Device-Strunktur zur Verwaltung des Devices

 STRUCTURE MyDev,LIB_SIZE
           ULONG       md_SysLib
           ULONG       md_DosLib
           ULONG       md_SegList
           UBYTE       md_Flags
           UBYTE       md_pad
           STRUCT      md_Units,MD_NUMUNITS*4
           LABEL       MyDev_SIZE

;Die Message befindet sich innerhalb der MyDevUnit-Strunktur
;und wird zur Initialisierung des Unit-Tasks an diesen gesandt.

 STRUCTURE MyDevMsg,MN_SIZE
           APTR        mdm_Device
           APTR        mdm_Unit
           LABEL       MyDevMsg_SIZE

;Die MyDevUnit-Struktur dient der Verwaltung einer Einheit (Unit)
;des Devices.

 STRUCTURE MyDevUnit,UNIT_SIZE
           UBYTE       mdu_UnitNum
           UBYTE       mdu_pad
           STRUCT      mdu_Msg,MyDevMsg_SIZE
           APTR        mdu_Process
           LABEL       MyDevUnit_SIZE

;Bit, das im UNIT_FLAGS gesetzt wird, um zu kennzeichnen, daß der
;Unit-Task gesperrt wird (siehe MyStop und Start).

 BITDEF    MDU,STOPPED,2

MYDEVNAME  MACRO
           DC.B 'mydevice.device',0
           ENDM

;Die nachfolgende Library-Funktionen müssen für den Linker importiert
;werden.

 XREF      _AbsExecBase

 XLIB      OpenLibrary
 XLIB      CloseLibrary
 XLIB      Alert
 XLIB      FreeMem
 XLIB      Remove
 XLIB      FindTask
 XLIB      AllocMem
 XLIB      CreateProc
 XLIB      PutMsg
 XLIB      RemTask
 XLIB      ReplyMsg
```

```
        XLIB        Signal
        XLIB        GetMsg
        XLIB        Wait
        XLIB        WaitPort
        XLIB        AllocSignal
        XLIB        SetTaskPri
        XLIB        Permit

        INT_ABLES                               ;MACRO aus der Datei exec/ables.i

;Damit ein Device, wenn es versehentlich als Objekt-Modul geladen
;wird, keinen Absturz erzeugt, stehen diese beiden ersten Befehle.

START:
            moveq #0,d0                         ;Keine Fehlermeldung
            rts                                 ;Rücksprung

;Die Priorität ist nur wichtig, wenn es sich um eine resetfestes
;Device handelt, andernfalls ist der Wert belanglos.

MYPRI       EQU 0
VERSION     EQU 1                               ;Version des Devices
REVISION    EQU 0                               ;Nummer der Überarbeitung

;Folgend steht die Resident-Struktur, über die das Device aufgebaut
;wird.

InitTable:
            DC.W        RTC_MATCHWORD   ;Code-Wort für Resident
            DC.L        InitTable       ;Zeiger auf Anfang der Struk.
            DC.L        EndCode         ;Zeiger auf Ende der Struktur
            DC.B        RTF_AUTOINIT    ;Flag für automatische
                                        ;Initialisierung
            DC.B        VERSION         ;Version des Devises
            DC.B        NT_DEVICE       ;Typ der zu erstellenden
                                        ;Struktur (DEVICE)
            DC.B        MYPRI           ;Priorität
            DC.L        MyName          ;Zeiger auf Namen des Devices
            DC.L        idString        ;Zeiger auf Erläuterungs-
                                        ;String
            DC.L        Init            ;Zeiger auf Initialisierungs-
                                        ;tabelle

MyName:     MYDEVNAME                           ;Name des Devices

;Der Erläuterungs-String ist nicht unbedingt wichtig, hilft jedoch
;zum festzustellen, um welche Version des Devices es sich handelt.
;Um sich an den Standard zu halten, sollte es wie folgt aufgebaut
;sein: 'Name  Version.Überarbeitung (Tag Mon Jahr)'CR,LF,0

idString:   dc.b 'mydevice 1.0 (20 JUN 1988)',13,10,0
dosName:    DOSNAME                             ;Name der DOS-Library

            ds.w 0                              ;Einschub, um auf eine
                                                ;gerade Adresse zu gelangen
```

```
;Das Label EndCode gibt das Ende der Resident-Struktur an.

EndCode:

;Hier beginnt die Initialisierungstabelle, die von der
;Funktion "InitResiden()" benutzt wird.

Init:
            dc.l MyDev_SIZE ;Größe der Device-Stuktur
            dc.l funcTable  ;Zeiger auf die Tabelle der Funktionen
            dc.l dataTable  ;Zeiger auf die Tabelle zum Erstellen
                            ;der Device-Struktur (für die
                            ;Funktion "InitStruct()")
            dc.l initRoutine ;Zeiger auf die Routine zum weiteren
                            ;Aufbau der Device-Struktur

;Tabelle in der die vom Device aus mit negativen Offsets erreichbaren
;Funktionen für die Verwaltung des Device eingetragen sind.

funcTable:
            dc.l Open       ;Funktion zum Öffnen des Devices
            dc.l Close      ;Funktion zum Schließen des Devices
            dc.l Expunge    ;Funktion zum Entfernen des Devices
                            ;aus dem Speicher
            dc.l Null       ;Unbenutzte Funktion (für Erweiterungen)

            dc.l BeginIO    ;Funktion, die angesprungen wird,
                            ;wenn ein Befehl an das Device gesandt
                            ;wird
            dc.l AbortIO    ;Funktion zum Abbrechen eines Befehls

            dc.l -1         ;Zeichen für Ende der Tabelle

;Tabelle für die Erstellung der Device-Struktur. Die Tabelle dient
;der EXEC-Funktion "InitStruct()". Bei den Worten: INITBYTE, INITWORD
;und INITLONG handelt es sich um MACRO-Aufrufe, die das Erstellen
;dieser einigermaßen komplizierten Tabelle stark vereinfachen.
;Die MACROs sind im Include-File "exec/initializers.i" zu finden.

;Die Tabelle dient zum:

;Eintragen des Typs.
;Eintragen des Zeigers auf den Names des Device.
;Eintragen der Library-Flags.
;Eintragen der Version des Devices.
;Eintragen der Überarbeitung.
;Eintragen des Zeigers auf den Erläuterungs-String.

dataTable:
            INITBYTE    LH_TYPE,NT_DEVICE
            INITLONG    LN_NAME,MyName
            INITBYTE    LIB_FLAGS,LIBF_SUMUSED!LIBF_CHANGED
            INITWORD    LIB_VERSION,VERSION
            INITWORD    LIB_REVISION,REVISION
            INITLONG    LIB_IDSTRING,idString
            dc.l 0
```

```
;Hier beginnt die Routine, die von der Exec-Funktion "MakeLibrary"
;aufgerufen wird, um den Rest der Device-Struktur zu initialisieren.

;>= D0 = Zeiger auf die Device-Struktur
;>= A0 = Zeiger auf die Segmentliste des geladenen Devices
;>= A6 = Zeiger auf ExecBase

;=> D0 = Zeiger auf die Device-Struktur
initRoutine:
        move.l   a5,-(a7)          ;A5 retten
        move.l   d0,a5             ;Zeiger auf Device nach A5
        move.l   a6,md_SysLib(a5)  ;Zeiger auf ExecBase in die
                                   ;Device-Struktur eintragen
        move.l   a0,md_SegList(a5) ;Zeiger auf die Segment-
                                   ;Liste eintragen
        lea      dosName(pc),a1    ;Zeiger auf den Namen der
                                   ;DOS-Library
        moveq    #0,d0             ;Version für OpenLib()
        CALLSYS  OpenLibrary       ;DOS-Lib öffnen
        move.l   d0,md_DosLib(a5)  ;Zeiger auf DOS-Lib eintragen
        bne.s    Dos_OK            ;weiter, wenn DOS-Lib gefunden

;Falls die DOS-Library nicht geöffnet weden kann, wird ein "Guru"
;ausgegeben. Die Ausgabe geschieht mit Hilfe eines MACROs, das
;in dem Include-File "exec/alerts.i" zu finden ist.

        ALERT    AG_OpenLib!AO_DOSLib

Dos_OK:

;  Hier, wenn nötig, eigene Initialisierung einfügen
;  Hier, wenn nötig, eigene Initialisierung einfügen
;  Hier, wenn nötig, eigene Initialisierung einfügen
;  Hier, wenn nötig, eigene Initialisierung einfügen

        move.l   a5,d0             ;Zeiger auf Device nach D0
        move.l   (a7)+,a5          ;A5 zurückholen
        rts                        ;Rücksprung

;Nachdem die Device-Struktur nach dem Laden von Disk initialisiert
;wurde, muß sie noch geöffnet werden. Hierbei wird der Task zur
;Verwaltung der Unit (Einheit) sowie die Unit-Struktur selbst
;erstellt. Wenn mehrere Units erlaubt sind, muß die Zulässigkeit
;der gewünschten Unit-Nummer geprüft werden.

;>= D0 = Unit-Nummer
;>= D1 = Flags
;>= A1 = Zeiger auf IORequest
;>= A6 = Zeiger auf das Device

Open:
        movem.l  d2/a2-a4,-(a7)    ;Register retten
        move.l   a1,a2             ;IORequest retten
        moveq    #MD_NUMUNITS,d2   ;Anzahl der Units nach D2
        cmp.l    d2,d0             ;Unit-Nummer erlaubt?
        bcc.s    Open_error        ;Nein, Nummer zu hoch
```

```
                move.l      d0,d2               ;Unit-Nummer nach D2
                lsl.l       #2,d0               ;Offset für Zeiger auf
                                                ;Unit
                lea         md_Units(a6,d0.L),a4 ;Zeiger auf Unit nach A4
                move.l      (a4),d0             ;Ist Unit schon erstellt?
                bne.s       Open_ok             ;Ja, ist bereits erstellt
                bsr         InitUnit            ;Unit erstellen
                move.l      (a4),d0             ;Unit erfolgreich erstellt
                beq.s       Open_error          ;nein, Fehler
Open_ok:        move.l      d0,a3               ;Zeiger auf Unit nach A3
                move.l      d0,IO_UNIT(a2)      ;in IORequest eintragen
                addq.w      #1,LIB_OPENCNT(a6)  ;Zähler für Anzahl der
                                                ;Zugriffe auf Device +1
                addq.w      #1,UNIT_OPENCNT(a3);Zähler für Anzahl der
                                                ;Zugriffe auf Unit +1
                bclr        #LIBB_DELEXP,md_Flags(a6) ;Flag für
                                                ;Library entfernen, löschen
Open_end:       movem.l     (a7)+,d2/a2-a4      ;Register zurückholen
                rts                             ;Rücksprung

;Hier erfolgt nur ein Einsprung, wenn ein Fehler bei der Erstellung
;der Unit entstanden ist.

Open_error: move.b      #IOERR_OPENFAIL,IO_ERROR(a2) ;Fehler in IORequest
                                                ;eintragen
                bra.s       Open_end            ;Rücksprung

;Wenn ein Task nicht mehr auf dieses Device zugreifen möchte, sollte
;er es schließen und somit die Möglichkeit geben, Speicher an das
;System zurückzugeben.

;>= A1 = Zeiger auf die IORequest-Struktur
;>= A6 = Zeiger auf die Device-Struktur

;=> D0 = Zeiger auf die Segmentliste, wenn Segment (das ganze
;       Device) entfernt werden soll, sonst Null

Close:
                movem.l     a2-a3,-(a7)         ;Register retten
                move.l      a1,a2               ;IORequest retten
                move.l      IO_UNIT(a2),a3      ;Zeiger auf Unit holen
                moveq.l     #-1,d0              ;D0 = -1
                move.l      d0,IO_UNIT(a2)      ;Zeiger auf Unit löschen
                move.l      d0,IO_DEVICE(a2)    ;Zeiger auf Device löschen
                subq.w      #1,UNIT_OPENCNT(a3);Zähler für Anzahl der
                                                ;Zugriffe auf Unit -1
                bne.s       CloseDevice         ;verzweige, wenn nicht Null

;Wenn keine Zugriffe mehr auf die Einheit (Unit) gewünscht sind,
;kann der von ihr belegte Speicher freigegeben werden.

                bsr         ExpungeUnit         ;Speicher von Unit freigeben
CloseDevice:clr.l       d0                  ;Rückgabeparameter löschen
                                                ;(wichtig)
                subq.w      #1,LIB_OPENCNT(a6)  ;Zähler für Anzahl der
                                                ;Zugriffe -1
                bne.s       Close_end           ;verzweige, wenn nicht Null
```

```
;Wenn kein Task mehr auf das Device zugreift, könnte es aus dem
;System entfernt weden. Da es jedoch oft der Fall ist, daß das
;Device nach kurzer Zeit wieder verwendet wird, ist hier zusätzlich
;eine Abfrage, ob das Entfernen des Devices erzwungen werden soll.
;Wenn nicht, bleibt das Device solange im System, bis Speicherplatz-
;Mangel besteht. In diesem Fall wird es automatisch von der RAM-Library
;entfernt.

;Erzwingen können Sie das Entfernen des Devices - wenn kein Task
;mehr aud dasselbe zugreift - durch Setzen des 'LIBB_DELEXP'-Bit
;im Flag-Eintrag des Devices, vor dem Aufruf "CloseDevice()".

            btst       #LIBB_DELEXP,md_Flags(a6) ;Ist das Bit gesetzt ?
            beq.s      Close_end            ;Nein, Ende
            bsr        Expunge              ;Device entfernen
Close_end:  movem.l    (a7)+,a2-a3          ;Register zurückholen
            rts                             ;Rücksprung

;Dies ist die Routine, die das Device entfernt und den belegten
;Speicherplatz wieder zurückgibt.

;>= A6 = Zeiger auf Device

;=> D0 = Zeiger aus Segmentliste des geladenen Devices

Expunge:
            movem.l    d2/a5-a6,-(a7)       ;Register retten
            move.l     a6,a5                ;Zeiger auf Device nach A5
            move.l     md_SysLib(a5),a6     ;ExecBase nach A6
            tst.w      LIB_OPENCNT(a5)      ;Zähler für Anzahl der
                                            ;Öffnungen
            beq        1$                   ;Springe, wenn Device
                                            ;entfernt wird
            bset       #LIBB_DELEXP,md_Flags(a5) ;Bit setzen, um
                                            ;anzuzeigen, daß Device
                                            ;entfernt werden soll
            clr.l      d0                   ;Zeiger auf Segment löschen
            bra.s      Expunge_end          ;Rücksprung
1$          move.l     md_SegList(a5),d2    ;Zeiger auf Segmentliste holen
            move.l     a5,a1                ;Zeiger auf Device nach A1
            CALLSYS    Remove               ;Device aus Liste löschen
            move.l     md_DosLib(a5),a1     ;Zeiger auf DOS_Lib holen
            CALLSYS    CloseLibrary         ;DOS-Lib löschen
            move.l     a5,a1                ;Zeiger auf Device
            clr.l      d0                   ;D0 löschen
            move.w     LIB_NEGSIZE(a5),d0   ;Negative Größe holen
            sub.w      d0,a1                ;Anfang des Speichers für
                                            ;Device bestimmen
            add.w      LIB_POSSIZE(a5),d0   ;Länge von Device bestimmen
            CALLSYS    FreeMem              ;Speicher freigeben
            move.l     d2,d0                ;Zeiger auf Segmentliste
Expunge_end:movem.l    (a7)+,d2/a5-a6       ;Register zurückholen
            rts                             ;Rücksprung

;Die folgende Funktion ist nicht belegt. Sie wird vielleicht in
;späteren Kickstart-Versionen zum Einsatz kommen.
```

```
Null:    clr.l       d0                    ;D0 löschen
         rts                               ;Rücksprung

;Diese Routine wird aufgerufen, um eine zum ersten Mal geöffnete
;Einheit zu initialisieren. Hierfür wird ein neuer Prozeß aufgebaut,
;der die - ebenfalls neu erstellte - Unit-Struktur verwaltet.
;Damit der neue Prozeß "weiß", wo er seine Unit- und Device-Struktur
;zu finden hat, wird ihm dies in Form einer Message gesandt. Die
;Message-Stuktur ist in die Unit-Struktur integriert.
;>= D2 = Unit-Nummer
;>= A6 = Zeiger auf Device

MYPROCSTACK EQU $200   ;Länge des Stacks für den Unit-Task
MYPROCPRI   EQU 0      ;Priorität des Unit-Tasks

InitUnit:
         movem.l     d2-d4,-(a7)           ;Register retten
         move.l      #MyDevUnit_SIZE,d0 ;Länge der Unit-Struktur
         move.l      #MEMF_PUBLIC!MEMF_CLEAR,d1 ;SpeicherTyp

;Bei der LINKSYS Anweisung handelt es sich um ein MACRO, das zu
;Beginn des Programms definiert ist.

         LINKSYS     AllocMem,md_SysLib(a6) ;AllocMem()
         tst.l       d0                    ;Speicher verfügbar
         beq         InitUnit_end          ;Nein, Fehler
         move.l      d0,a3                 ;Zeiger auf neue Unit-Struktur
         move.b      d2,mdu_UnitNum(a3) ;Nummer der Unit eintragen

         move.l      #MYPROCSTACK,d4       ;Länge des Stacks für den
                                           ;Prozeß
         move.l      #myproc_seglist,d3 ;Zeiger auf die Segmentliste
         lsr.l       #2,d3                 ;BPTR => APTR
         moveq       #MYPROCPRI,d2         ;Priorität des Prozesses
         move.l      #MyName,d1            ;Zeiger auf Namen
         LINKSYS     CreateProc,md_DosLib(a6) ;Prozeß erstellen
         tst.l       d0                    ;Erfolgreich erstellt?
         beq         InitUnit_FreeUnit ;Nein, Speicher für Unit
                                           ;freigeben
         move.l      d0,mdu_Process(a3) ;Zeiger auf Prozeß eintagen
         move.l      d0,a0                 ;Zeiger nach A0
         lea         -pr_MsgPort(a0),a0 ;Zeiger auf Task-Struktur
                                           ;innerhalb vom Prozeß holen
         move.l      a0,MP_SIGTASK(a3) ;Task als Signal-Task für Unit
         move.b      #PA_IGNORE,MP_FLAGS(a3) ;Message-Port-Bits setzen
         lea         MP_MSGLIST(a3),a1  ;Zeiger Message-Port-Liste

;NEWLIST ist ein MACRO aus dem Include-File "exec/lists.i" und erstellt
;eine leere Liste an angegebener Stelle (a0).

         NEWLIST     A1                    ;Leere Liste erzeugen
         lea         mdu_Msg(a3),a1        ;Zeiger auf Message-Struktur
                                           ;innerhalb der Unit-Struktur
         move.l      a3,mdm_Unit(a1)       ;Zeiger auf Unit eintragen
         move.l      a6,mdm_Device(a1)     ;Zeiger auf Device eintragen
         move.l      d0,a0                 ;Message-Port für Prozeß
         LINKSYS     PutMsg,md_SysLib(a6) ;Message an Prozeß senden
```

```
        clr.l    d0                  ;D0 löschen
        move.b   mdu_UnitNum(a3),d0  ;Unit-Nummer nach d0
        lsl.l    #2,d0               ;Offset, um Zeiger auf Unit
                                     ;im Device einzutragen
        move.l   a3,md_Units(a6,d0.L) ;Zeiger auf Unit eintragen
InitUnit_end:
        movem.l  (a7)+,d2-d4         ;Register zurückholen
        rts                          ;Rücksprung

;Die nächsten beiden Befehle werden nur durchlaufen, wenn ein Fehler
;bei der Erzeugung des Prozesses aufgetreten ist.

InitUnit_FreeUnit:
        bsr      FreeUnit            ;Speicher für Unit zurückgeben
        bra.s    InitUnit_end        ;Rücksprung

;Speicher für Unit-Struktur an das System zurückgeben

;>= A3 = Zeiger auf Unit-Struktur

FreeUnit:  move.l   a3,a1            ;Zeiger auf Unit nach A1
        move.l   #MyDevUnit_SIZE,d0  ;Länge der Struktur
        LINKSYS  FreeMem,md_SysLib(a6) ;FreeMem()
        rts                          ;Rücksprung

;Wenn eine bestimmte Einheit (Unit) von keinem Task mehr gebraucht
;wird, wird der von ihr belegte Speicher zurückgegeben und
;der Prozeß aus dem System entfernt. Die Routine wird von der
;Close-Routine aufgerufen.

;>= A3 = Zeiger auf Unit
;>= A6 = Zeiger auf Device

ExpungeUnit:
        move.l   d2,-(a7)            ;d2 retten
        move.l   mdu_Process(a3),a1  ;Zeiger auf Prozeß
        lea      -pr_MsgPort(a1),a1  ;Zeiger auf Anfang des
                                     ;Prozesses holen.
        LINKSYS  RemTask,md_SysLib(a6) ;Task aus System entfernen
        clr.l    d2                  ;D2 löschen
        move.b   mdu_UnitNum(a3),d2  ;Unit-Nummer nach D2
        bsr.s    FreeUnit            ;Speicher für Unit freigeben
        lsl.l    #2,d2               ;Offset für Unit-Eintrag
                                     ;in der Device-Stuktur
        clr.l    md_Units(a6,d2.L)   ;Eintrag löschen
        move.l   (a7)+,d2            ;D2 zurückholen
        rts                          ;Rücksprung

;Als nächstes schließt sich die Tabelle mit den Befehlen des Devices an.
;Die Reienfolge der in der Tabelle eingetragenen Funktionen ist
;festgelegt. Für jeden Eintrag in der Tabelle steht ein bestimmtes
;Bit. Für den 0. Eintrag Bit 0, für den 1. Bit 1, für den 2. Bit 2
;usw. Mit Hilfe dieser Bits wird festgelegt, welcher Befehl direkt
;ausgeführt oder an den Prozeß geschickt wird (siehe Erklärung vor
;dem Programm).

;Die Befehle MyReset und MyStop wurden nicht Reset und Stop genannt,
;da der Assembler dies für Assembler-Befehle halten würde.
```

```
;Die Befehle Invalid bis Flush müssen in der Tabelle in dieser
;Reihenfolge vertreten sein. Wenn nicht alle für Ihr Device
;sinnvoll sind, lassen Sie diese zur Funktion Invalid
;springen (siehe Update und Clear).

cmdtable:
            dc.l        Invalid     ;$001
            dc.l        MyReset     ;$002
            dc.l        Read        ;$004
            dc.l        Write       ;$008
            dc.l        Update      ;$010
            dc.l        Clear       ;$020
            dc.l        MyStop      ;$040
            dc.l        Start       ;$080
            dc.l        Flush       ;$100

;Ab hier können Sie eigene Funktionen eintragen.
;Wir haben hier zwei eigene Funktionen Status und Funk2.

            dc.l        Status      ;$200
            dc.l        Funk2       ;$400
cmdtable_end:

;Die mit 'ODER' verknüpften Bits repräsentieren die Befehle,
;die nicht an den Prozeß gesandt, sondern direkt ausgeführt werden.

DirektBefehle           EQU $1!$2!$40!$80!$100!200

;Folgende Befehle werden direkt ausgeführt:
;Invalid, MyReset, MyStop, Start, Flush, Status

FUNKANZ                 EQU 11      ;Anzahl der möglichen Befehle

;Hier beginnt die Routine, die jedesmal aufgerufen wird, wenn
;ein Befehl an das Device gesandt wird. Sie stellt fest, ob der
;Befehl zugelassen ist und ob er an den Prozeß gesandt oder
;direkt ausgeführt wird.

;>= A1 = Zeiger auf die IORequest-Struktur
;>= A6 = Zeiger auf die Device-Struktur

BeginIO:
            move.l      a3,-(a7)            ;A3 retten
            move.l      IO_UNIT(a1),a3      ;Zeiger auf Unit nach A3
            move.w      IO_COMMAND(a1),d0   ;Befehl nach D0
            cmp.w       #FUNKANZ,d0         ;Befehl erlaubt ?
            bcc         BeginIO_NoCmd       ;springe, wenn nicht erlaubt

;DISABLE ist ein MACRO, das in dem Include-File "exec/ables.i" zu
;finden ist. Es sperrt wie die Disable-Funktion alle Interrupts.
;Damit die Interrupts gesperrt werden können, muß das Hardware-
;Register $DFF09A beschrieben werden. Die Adresse des Registers
;ist innerhalb des MACROs nicht direkt angegeben, sondern über
;ein Label. Damit der Linker das Label erkennt, muß es mit XREF
;angegeben werden. Es existiert ein entsprechendes MACRO
;namens INT_ABLES im Include-File "exec/ables.i", was von dem Programm
;nach den Definitionen der Library-Einsprünge aufgerufen wird.
```

```
        DISABLE     A0                  ;Interrupts sperren
        move.l      #DirektBefehle,d1   ;Langwort für Direktbefehl
        btst        d0,d1               ;Soll Befehl direkt
                                        ;ausgeführt werden ?
        bne.s       BeginIO_Immediate   ;Springe, wenn direkt

;Ansonsten wird die IORequest-Struktur (der Befehl) an den
;Unit-Task (richtiger Prozeß) weitergeleitet.

BeginIO_QueueMsg:

;Das UINTB_INTASK-Bit gibt an, daß der Befehl innerhalb des Unit-
;Tasks verarbeitet wird.

        bset        #UNITB_INTASK,UNIT_FLAGS(a3) ;Unit-Bit setzen

;Durch das Löschen des QUICK-Bits wird klargestellt, daß der Task,
;der den Befehl gesandt hat, bei der Benutzung der DoIO-Funktion
;in Wartestellung geht und daß nach Beendigung des Befehls eine
;Reply-Message geschickt werden muß.

        bclr        #IOB_QUICK,IO_FLAGS(a1) ;IOB_QUICK löschen

;Bei ENABLE handelt es sich wieder um ein MACRO aus dem
;"exec/ables.i"-File.

        ENABLE      A0                  ;Freigeben der Interrupts
        move.l      a3,a0               ;Zeiger auf Unit nach A0
        LINKSYS     PutMsg,md_SysLib(a6) ;IORequest-Struktur
                                        ;zum Prozeß schieben
        bra.s       BeginIO_end         ;Ende

;Einsprung für Direktbefehle

BeginIO_Immediate:
        ENABLE      A0                  ;Freigeben der Interrupts
        bsr         PerformIO           ;Befehl ausführen
BeginIO_end:move.l  (a7)+,a3            ;A3 zurückholen
        rts                             ;Rücksprung

;Einsprung, wenn der gesandte Befehls-Code ungültig ist.

BeginIO_NoCmd:
        move.b      #IOERR_NOCMD,IO_ERROR(a1)
                                            ;Fehlermeldung übergeben
        bra.s       BeginIO_end             ;Rücksprung

;Adresse der Funktion für den entsprechenden Befehl holen und
;einspringen

;>= A1 = Zeiger auf die IOReqest-Struktor
;>= A3 = Zeiger auf die Unit-Struktur
;>= A6 = Zeiger auf die Device-Struktur

PerformIO:
        move.l      a2,-(a7)            ;A2 retten
        move.l      a1,a2               ;IORequest nach A2
```

```
        move.w   IO_COMMAND(a2),d0  ;Befehl holen
        lsl.w    #2,d0              ;Offset für Tabelle für
                                    ;Funktionsadressen
        lea      cmdtable(pc),a0    ;Zeiger auf Tabelle
        move.l   00(a0,d0.W),a0     ;Zeiger auf Funktion
        jsr      (a0)               ;Funktion ausführen
        move.l   (a7)+,a2           ;A2 zurückholen
        rts                         ;Rücksprung

;Die folgende Routine muß zur Beendigung sämtlicher Funktionen
;aufgerufen werden. Sie sendet, sofern der Befehl über den Unit-Task
;ausgeführt wurde, die Reply-Message an den wartenden Task.

TermIO: move.w   IO_COMMAND(a1),d0  ;Befehl holen
        move.l   #DirektBefehle,d1  ;Maskenwert für Direktbefehle
        btst     d0,d1              ;Direktbefehl ?
        bne.s    TermIO_Direkt      ;Springe, wenn Direktbefehl
        btst     #UNITB_INTASK,UNIT_FLAGS(a3) ;Ging Befehl über
                                    ;den Task?
        bne.s    TermIO_Direkt      ;Nein, also Direktbefehl
        bclr     #UNITB_ACTIVE,UNIT_FLAGS(a3) ;Task freigeben
TermIO_Direkt:
        btst     #IOB_QUICK,IO_FLAGS(a1) ;Ist Quick-Bit gesetzt?
        bne.s    TermIO_end         ;Ja, dann Direkbefehl
        LINKSYS  ReplyMsg,md_SysLib(a6) ;Ansonsten ReplyMsg senden
TermIO_end: rts                     ;Rücksprung

;Routine zum Abbrechen eines laufenden Befehls

;Diese Routine ist Device-abhängig und deshalb hier nicht ausgeführt.
;Bei den meisten Devices ist es ohnehin kaum möglich, eine laufende
;Aktion zu unterbrechen.

;Die AbortIO-Funktion ist nicht eine der Funktionen, die aus der
;Befehlstabelle entnommen werden, sondern ist von derselben Art wie
;BeginIO. Aus diesem Grund darf sie nicht mit TermIO abgeschlossen
;werden.

AbortIO:
        moveq    #0,d0
        rts

;Ab hier beginnen die Funktionen, die über die Befehle in der
;IORequest-Struktur aufgerufen werden. Sie müssen alle mit TermIO
;abgeschlossen werden. Jeder Funktion werden die gleichen Parameter
;übermittelt.

;Die Parameter sind:

;>= A1 = Zeiger auf die IORequest-Struktur
;>= A3 = Zeiger auf die Unit-Struktur
;>= A6 = Zeiger auf die Device-Struktur

;Ungültiger Befehl

Invalid:
        move.b   IOERR_NOCMD,IO_ERROR(a1) ;Fehlermeldung übergeben
        bsr      TermIO                   ;Funktion beenden
```

```
                rts                                 ;Rücksprung

;Befehl Reset

;Was resetet werden soll, hängt jeweils vom Device ab, weshalb
;hier kein sinnvoller Code eigefügt wurde.

MyReset:
;       Eigene Funktion einsetzen
;       Eigene Funktion einsetzen
;       Eigene Funktion einsetzen

                bsr         TermIO                  ;Funktion beenden
                rts                                 ;Rücksprung

;Befehl Read

;Wie schon gesagt, soll hier nur das Prinzip eines eigenen Devices
;erläutert werden. Deshalb ist unsere Read-Funktion von wenig praktischem
;Nutzen. Sie füllt den in IO_DATA angegebenen Speicherbereich mit
;Bytes, deren Wert die Nummer der Unit darstellt über eine Länge, die
;in IO_LENGTH angegeben wird. Die Länge wird zusätzlich in das
;IO_ACTUAL-Feld übertragen, was der Benutzer nach Beendigung des
;Füllens als Rückgabewert aus seiner IORequest-Struktur auslesen kann.

Read:
                move.l      IO_DATA(a1),a0          ;Speicheranfang holen
                move.l      IO_LENGTH(a1),d0        ;Länge holen
                move.l      d0,IO_ACTUAL(a1)        ;Länge als Rückgabe
                beq.s       Read_end                ;Ende, wenn Länge = 0
                move.b      mdu_UnitNum(a3),d1      ;Unit-Nummer holen
Read_Loop:      move.b      d1,(a0)+                ;Bereich füllen
                subq.l      #1,d0                   ;Zähler verringern
                bne.s       Read_Loop               ;weiter kopieren
Read_end:       bsr         TermIO                  ;Funktion beenden
                rts                                 ;Rücksprung

;Befehl Write

;Die dritte-Funktion ist in unserem Beispiel noch spärlicher
;ausgefallen als die Read-Funktion. Hier ist eigene Kreativität
;gefragt. Unsere Funktion übergibt nur die Länge als Rückgabewert

Write:
                move.l      IO_LENGTH(a1),IO_ACTUAL(a1) ;Länge übergeben
                bsr         TermIO                  ;Funktion beenden
                rts                                 ;Rücksprung

;Die Funktionen Update und Clear sind für unser "Device" nicht
;sinnvoll, sie ergeben eine Fehlermeldung.

Update:
Clear:          bra         Invalid                 ;Fehler, Ende

;Befehl Stop
```

```
;Mit der Funktion ist es möglich, alle nach dem Stop-Befehl eingegangenen
;und an den Unit-Task gesandten Befehle zu stoppen. Sie werden zwar in
;die Message-Liste eingefügt, jedoch nicht abgearbeitet.

;Das Stoppen der Befehle bezieht sich nicht auf das ganze Device,
;sondern nur auf eine Einheit (Unit).

MyStop:
        bset    #MDUB_STOPPED,UNIT_FLAGS(a3) ;Stop-Bit setzen
        bsr     TermIO                  ;Funktion beenden
        rts                             ;Rücksprung

;Befehl Start

;Dieser Befehl belebt den zuvor gestoppten Task wieder, so das er
;alle mittlerweile eingegangenen Befehle sogleich abarbeitet.
;Hierfür reicht es nicht, das Stop-Bit wieder zu löschen, der Task
;muß zusätzlich "gesagt bekommen", daß er wieder arbeiten darf.

;Um dies zu bewerkstelligen, wird dem Task vorgegaukelt, ein
;neuer Befehl (eine neue Message) sei angekommen, die er sogleich
;auszuführen versucht. Tatsächlich wird jedoch nur das entsprechende
;Task-Bit gesetzt. Der Task beginnt die Message-List zu durchsuchen
;und die eingereihten Befehle abzuarbeiten.

Start:
        bsr     InternalStart           ;Task starten
        move.l  a2,a1                   ;IORequest nach A1
        bsr     TermIO                  ;Funktion beenden
        rts                             ;Rücksprung

InternalStart:
        bclr    #MDUB_STOPPED,UNIT_FLAGS(a3) ;Stop-Bit löschen
        move.l  MP_SIGTASK(a3),a1       ;Zeiger auf Task holen
        clr.l   d0                      ;D0 löschen
        move.b  MP_SIGBIT(a3),d1        ;Signal-Bit holen
        bset    d1,d0                   ;Bit in Maske setzen
        LINKSYS Signal,md_SysLib(a6)    ;Signal senden
        rts                             ;Rücksprung

;Befehl Flush

;Mit diesem Befehl werden alle sich in der Message-Liste des
;Tasks befindlichen Messages (Befehle) mit einer Abbruchmeldung
;zurückgesandt.

Flush:
        movem.l d2/a6,-(a7)             ;Register retten
        move.l  md_SysLib(a6),a6        ;ExecBase nach A6

;FORBID ist ein MACRO aus dem File "exec/ables.i" und erfüllt
;die Funktion Forbid().

        FORBID                          ;Forbid()
Flush_loop:
        move.l  a3,a0                   ;Zeiger auf Unit
        CALLSYS GetMsg                  ;Message aus Liste löschen
        tst.l   d0                      ;existiert noch eine Msg?
```

```
        beq.s     Flush_end          ;nein, Liste leer, Ende
        move.l    d0,a1              ;Zeiger auf Message nach A1
        move.b    #IOERR_ABORTED,IO_ERROR(a1) ;Meldung eintagen
        CALLSYS   ReplyMsg           ;ReplyMsg()
        bra.s     Flush_loop         ;unbedingter Sprung
Flush_end: PERMIT                    ;MACRO Permit aus
                                     ;"exec/ables.i"
        movem.l   (a7)+,d2/a6        ;Register zurückholen
        move.l    a2,a1              ;IORequest nach A1
        bsr       TermIO             ;Funktion beenden
        rts                          ;Rücksprung
;Befehl Status

;Dieser Befehl gehört nicht zu den Standardbefehlen, über die
;jedes Device verfügt.

;Dieses Beispiel soll nur zeigen, wie eigene Funktionen erzeugt
;werden. Die Funktion liest ausschließlich die Flags der
;Unit-Struktur aus und übergibt diese über IO_ACTUAL an den
;Benutzer.

Status:
        clr.l     d0
        move.b    UNIT_FLAGS(a3),d0
        move.l    d0,IO_ACTUAL(a1)
        bsr       TermIO
        rts

;Unsere letzte Funktion ist ebenfalls eine eigene, die jedoch
;nicht belegt ist.

Funk2:
        bsr       TermIO             ;Funktion beenden
        rts                          ;Rücksprung

;Hier beginnt das Segment, das der Funktion CreateProc()
;übergeben wird, um den Unit-Prozeß zu starten.

        CNOP      0,4                ;Auf Langwortadresse bringen
myproc_seglist:
        dc.l      0                  ;Kein weiteres Segment

;Der Prozeß beginnt bei Porc_Begin zu arbeiten.

Proc_Begin:
        move.l    _AbsExecBase,a6    ;Execbase nach A6
        sub.l     a1,a1              ;Null nach A1
        CALLSYS   FindTask           ;Zeiger auf eigenen Task holen
        move.l    d0,a0              ;Zeiger nach A0
        move.l    d0,a4              ;und A4
        lea       pr_MsgPort(a0),a0  ;Zeiger aud Message-Port vom
                                     ;Prozeß

;Die Nachricht, auf die hier gewartet wird, wird von der Init_Unit-
;Funktion an den soeben errichteten Prozeß gesandt. Die Message-
;Struktur befindet sich innerhalb der Unit-Struktur.
```

```
        CALLSYS     WaitPort            ;Warten, bis Message erhalten
        move.l      d0,a1               ;Zeiger auf Message nach A1
        move.l      d0,a2               ;und nach A2
        CALLSYS     Remove              ;Message aus Liste löschen
        move.l      mdm_Device(a2),a5   ;Zeiger auf Device holen
        move.l      mdm_Unit(a2),a3     ;Zeiger auf Unit holen
        moveq       #-1,d0              ;D0 = -1
        CALLSYS     AllocSignal         ;Funktion AllocSignal()
        move.b      d0,MP_SIGBIT(a3)    ;Signal-Bit eintragen
        move.b      #PA_SIGNAL,MP_FLAGS(a3) ;Message soll beim
                                        ;Eintreffen eine Signal
                                        ;auslösen
        clr.l       d7                  ;D7 löschen
        bset        d0,d7               ;Masken-Bit für Signal setzen
        bra.s       Proc_CheckStatus    ;Port abfragen

;Die folgende Schleife ist die Hauptschleife des Unit-Tasks.
;Es wird gewartet, bis eine Message eingetroffen und verarbeitet ist.
;Nach der Bearbeitung wird in die Schleife zurückgesprungen.

Proc_MainLoop:
        move.l      d7,d0               ;Maske Signal-Bit holen
        CALLSYS     Wait                ;Auf Message warten
Proc_CheckStatus:
        btst        #MDUB_STOPPED,UNIT_FLAGS(a3);Wurde Task gestoppt?
        bne.s       Proc_MainLoop       ;Ja, dann Message nicht
                                        ;bearbeiten
        bset        #UNITB_ACTIVE,UNIT_FLAGS(a3) ;Ist Task bereits
                                                 ;aktiv?
        bne.s       Proc_MainLoop       ;Ja, warten, bis Task frei

Proc_NextMsg:
        move.l      a3,a0               ;Zeiger auf Port nach A0
        CALLSYS     GetMsg              ;Message holen
        tst.l       d0                  ;Message vorhanden?
        beq.s       Proc_Unlock         ;Nein, Ende
        move.l      d0,a1               ;Zeiger auf Message nach A1
        exg         a5,a6               ;Zeiger auf Device nach A6
        bsr         PerformIO           ;Befehl auswerten
        exg         a5,a6               ;Zeiger auf ExecBase nach A6
        bra         Proc_NextMsg        ;Neue Message holen

;Es liegen keine Messages (Befehle) mehr an, der Task kann freigegeben
;werden.

Proc_Unlock:
        bclr        #UNITB_ACTIVE,UNIT_FLAGS(a3) ;Active-Bit löschen
        bclr        #UNITB_INTASK,UNIT_FLAGS(a3) ;Intask-Bit löschen
        bra         Proc_MainLoop       ;Zurück in Hauptschleife

        END
```

2.10 Interrupt-Handhabung auf dem Amiga

In diesem Kapitel wollen wir uns einmal ansehen, wie der Amiga seine sieben vom Prozessor zur Verfügung gestellten Interrupt-Ebenen nutzt und wie man sie für sich nutzen kann.

Zum besseren Verständnis des Kapitels sollten Sie den Interrupt-Teil aus Kapitel 1 dieses Buches schon gelesen haben.

In diesem Kapitel wird der Interrupt erst betrachtet, nachdem der Prozessor ein entsprechendes Signal von der 4703-Interrupt-Logic bekommen hat.

Nachdem der Prozessor ein Interrupt-Signal erhalten hat und dieses nicht gesperrt war, lädt er die zu der entsprechenden Priorität gehörige Adresse in seinen Programmzeiger und führt den Interrupt an entsprechender Stelle weiter. Die Vektoren für die Fortsetzung des Interrupts stehen ab Adresse $0064 bis $007F, wobei die ersten vier Bytes den Vektor für Interrupt-Ebene 1 und die Bytes von $007C bis $007F den Vektor für Interrupt-Ebene 7 beinhalten.

Da beim Amiga mehr Interrupts gebraucht werden, als der Prozessor zur Verfügung stellt, laufen alle Interrupts erst über ein Register, mit dem 15 verschiedene Interrupts verwaltet werden. Die eingegangenen Interrupts werden mit Hilfe eines Interrupt-Enable-Registers auf ihre Zulässigkeit überprüft, worauf dann, sofern der Interrupt erlaubt war, ein Interrupt am Prozessor durchgeführt wird. Da für 15 Interrupts lediglich sieben Prioritäten zur Verfügung stehen, sind mehreren Interrupts gleiche Prozessor-Prioritäten zugeordnet. Aufgrund der gleichen Prioritäten haben somit verschiedene Interrupts einen gleichen Einsprung, wo sie softwaremäßig ihren Ursachen entsprechend "sortiert" werden. Die folgende Tabelle zeigt Ihnen, welche Interrupts welche Prioritäten haben. Mit Pseudo-Priorität ist die Priorität gemeint, die softwaremäßig abgefragt wird. Ihre Zahl entspricht der Bit-Nummer des im Interrupt-Request-Register vermerkten Interrupts.

Ein Beispiel zur Verdeutlichung:

Der Interrupt, der ausgelöst wird, wenn der Rasterstrahl des Bildschirms Zeile 0 durchläuft, hat die gleiche Prozessorpriorität wie der Interrupt für die Beendigung der Blitter-Aktivität. Die beiden Interrupts werden an Bit 5 und 6 des Interrupt-Request-Registers angezeigt. Softwaremäßig wird der Interrupt mit der höheren Bit-Nummer

(der höheren Pseudo-Priorität) vor dem mit der niedrigeren abgefragt. In diesem Fall also der Blitter- vor dem Rasterstrahl-Interrupt. Die nächste Tabelle zeigt Ihnen die 15 Interrupts des Amiga mit dessen Prozessor- sowie Pseudoprioritäten.

Pseudo-Priorität	Name	Prozessor-Priorität	Funktion
14	INTEN	(6)	Interrupts erlauben
13	EXTER	6	Interrupt von CIA-B oder Expansion-Port
12	DSKSYN	5	Disk-Synchronisationswert erkannt
11	RBF	5	Eingabepuffer des Seriellen Ports voll
10	AUD3	4	Audiodaten Kanal 3 ausgegeben
9	AUD2	4	Audiodaten Kanal 2 ausgegeben
8	AUD1	4	Audiodaten Kanal 1 ausgegeben
7	AUD0	4	Audiodaten Kanal 0 ausgegeben
6	BLIT	3	Blitter fertig
5	VERTB	3	Beginn der vertikalen Austastlücke erreicht
4	COPER	3	Reserviert für Copper-Interrupts
3	PORTS	2	Interrupt von CIA-A oder Expansion-Port
2	SOFT	1	Reserviert für Software-Interrupts
1	DSKBLK	1	Disk-DMA-Transfer beendet
0	TBE	1	Ausgabepuffer des seriellen Ports leer

2.10.1 Aufbau der Interrupt-Strukturen

Für die Interrupts des Amiga gibt es, was Sie nicht überraschen wird, auch wieder eine Struktur, mit der sie sich gut verwalten lassen.

Die Struktur hat folgendes Aussehen:

```
    struct Interrupt {
0     struct Node is_Node;
14    APTR is_Data;
18    VOID (*is_Code)();
    };
```

is_Node
Node-Struktur, wie Sie sie schon des öfteren kennengelernt haben.

is_Data
Zeiger auf einen Datenspeicher, der vom Interrupt beliebig genutzt werden kann. Die Größe des Datenspeichers kann bei der Erstellung der Struktur beliebig groß gewählt werden.

*is_(*Code)()*
Zeiger auf das Interrupt-Programm, das ausgeführt werden soll.

Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten, einen Interrupt zu nutzen. Zum einen kann man mit einem Interrupt ein Interrupt-Programm ansprechen, was über einen Interrupt-Handler geschieht, oder, und das ist die andere Möglichkeit, mit einem Interrupt mehrere verschiedene Programme aufrufen lassen, was durch Interrupt-Server erledigt wird.

Jeder zugelassene Interrupt ist in der ExecBase-Struktur (die Hauptstruktur von Exec, auf die wir noch zu sprechen kommen) vermerkt. In dieser Struktur befindet sich für jeden der 15 möglichen Interrupts noch eine kleine Unterstruktur, deren richtige Initialisierung für den Interrupt sehr wichtig ist. Die Unterstruktur heißt IntVector und hat folgendes Aussehen:

```
    struct IntVector {
0   APTR iv_Data;
4   VOID (*iv_Code)();
8   struct Node *iv_Node;
    };
```

Je nachdem, ob der entsprechende Interrupt von einem Interrupt-Handler oder Server verwaltet wird, ist die Initialisierung der IntVector-Struktur unterschiedlich. Für den Interrupt-Handler sieht diese Initialisierung wie folgt aus:

iv_Data
Zeiger auf den gleichen Datenspeicher, der auch schon in der Struktur "Interrupt" vorkam.

*(*iv_Code)()*
Zeiger auf das Interrupt-Programm, das ausgeführt werden soll.

**iv_Node*
Zeiger auf die Interrupt-Struktur, die zuvor beschrieben wurde.

Für den Interrupt-Server hat sie dieses Aussehen:

iv_Data
Zeiger auf eine ServerList-Struktur, die wir noch besprechen werden.

*(*iv_Code)()*
Zeiger auf eine Routine, die die Verwaltung von mehreren Interrupt-Programmen übernimmt.

**iv_Node*
Hier nicht belegt und hat den Wert Null.

Diese Interrupt-Vector-Strukturen brauchen, sofern man einen Interrupt-Handler verwenden will, nicht von Hand initialisiert zu werden. Die Initialisierung geschieht beim Aufruf der Exec-Funktion SetIntVector. Zur Benutzung eines Interrupts mit einem Interrupt-Handler muß die Interrupt-Struktur initialisiert und daraufhin die SetIntVector-Funktion aufgerufen werden.

Sehen wir uns einmal an, wie ein Interrupt weiterverarbeitet wird, nachdem er vom Prozessor zur Verarbeitung freigegeben wurde. Als Beispiel für die Verwaltung eines Interrupts folgt jetzt der Assembler-Teil, der einen Level-3(Priorität 3)-Interrupt verwaltet.

Bei $FC0CD8 ist der Einsprung, wo der Prozessor seine Arbeit nach Erkennen eines Level-3-Interrupts fortsetzt. Dieser Adressenwert stimmt nur mit der Kickstart-Version des Amiga 500 oder Amiga 2000 überein. Beim Amiga 1000 ist die Routine zwar gleich, sie ist jedoch, abhängig von der Kickstart-Version, leicht verschoben.

```
movem.l A6-A5/A1-A0/D1-D0,-(A7) Register in den
                                Stapel retten
lea      $dff000,A0             Anfang der Register nach A0
move.l   $0004,A6               SysBase nach A6
move.w   28(A0),D1              Interrupt-Enable-Register lesen
btst     #14,D1                 Master-Bit testen
beq.l    L1                     Kein Interrupt zugelassen
and.w    30(A0),D1              Mit Interrupt-Request-Register die
                                zulässigen Interrupts herausfiltern
btst     #6,D1                  Bit für Blitter done testen
beq.s    L2                     Nein, anderes Bit testen
movem.l  156(A6),A5/A1          Aus IntVector-Struktur Zeiger auf
                                Daten und Programm holen
pea      -36(A6)                Rücksprung durch RTS Rücksprungadresse
                                auf ExitInter stellen
jmp      (A5)                   In Interrupt einspringen
```

```
L2:

btst     #5,D1                  Bit für Raster-Interrupt testen
beq.s    L3                     Nein, weiter testen
movem.l  144(A6),A5/A1          Aus IntVector Struktur Zeiger auf
                                Daten und Programm holen
pea      -36(A6)                Rücksprung auf ExitInter
jmp      (A5)                   Einsprung

L3:

btst     #4,D1                  Bit für Copper-Interrupt testen
beq.s    L1                     Nein, dann Ende
movem.l  132(A6),A5/A1          Zeiger aus Daten und Programm holen
pea      -36(A6)                Rücksprung auf ExitInter
jmp      (A5)                   Einsprung

L1:

movem.l (A7)+,A6-A5/A1-A0/D1-D0 Register wieder
rte                             herstellen, Rücksprung
```

Anhand des Assembler-Listings können wir erkennen, welche Register wir in einem eigenen Interrupt-Programm gefahrlos verwenden dürfen und welche mit bestimmten Werten an unser Programm übergeben werden.

Die Register D0, D1, A0, A1, A5 und A6 werden vor dem Einsprung in das eigentliche Interrupt-Programm auf den Stapel gerettet. Zusätzlich wird im Stapel noch die Rücksprungadresse vermerkt, so daß das eigene Interrupt-Programm mit RTS abgeschlossen werden muß.

Beschreibung der Register:

D0 beinhaltet keine sinnvolle Information.
D1 beinhaltet Und-Verknüpfung zwischen IntEnaReg und IntReqReg und zeigt damit an, welche Interrupts zur Zeit erlaubt sind und laufen.
A0 ist ein Zeiger auf den Anfang der Hardware-Register.
A5 ist ein Zeiger auf den auszuführenden Code.
A6 ist ein Zeiger auf SysBase.

Keines dieser Register muß vor dem Rücksprung aus dem Interrupt-Programm wieder auf seinen alten Wert gesetzt werden.

Bei der Benutzung eines Interrupt-Handlers wird mit "jmp (a5)" in das eigentliche Interrupt-Programm eingesprungen. Das Interrupt-Programm muß mit RTS abgeschlossen werden.

Bei der Verwaltung eines Interrupts durch einen Interrupt-Server sind die einzelnen Interrupt-Programme, die beim Auftreten des entsprechenden Interrupts ausgeführt werden sollen, mit ihren Interrupt-Strukturen in einer Liste verkettet. Die Reihenfolge ihrer Abarbeitung entspricht der eingetragenen Priorität in ihrer is_Node-Struktur.

Die Listenstruktur, in der die Interrupts enthalten sind, hat folgendes Aussehen:

```
   struct ServerList {
0    struct List sl_List;
14   UWORD   sl_IntClr1;
16   UWORD   sl_IntSet;
18   UWORD   sl_IntClr2;
20   UWORD   sl_pad;
   };
```

sl_List
List-Struktur, wie sie schon des öfteren zu finden war.

sl_IntClr1 und sl_IntClr2
Worte, in denen das Bit gesetzt ist, welches im Interrupt-Request-Register für den Interrupt zuständig ist. Das Clr/Set-Bit (Bit 15), das bereits in Kapitel 1 des Buches erklärt wurde, ist hier gelöscht. Schreibt man diesen Wert in das Interrupt-Request-Register, wird das Interrupt-Bit gelöscht.

sl_IntSet
Wort mit dem gleichen Inhalt wie "sl_IntClr", jedoch mit dem Unterschied, daß hier das Clr/Set-Bit gesetzt ist.

sl_pad
Wort, das immer den Wert Null hat.

Diese Struktur ist in keinem Includefile enthalten und muß vor Gebrauch von Hand eingebunden werden.

Da wir jetzt einen Interrupt-Server benutzen wollen, sieht die Initialisierung der Interrupt-Vector-Struktur so aus, daß in "(*iv_Code)()" ein Zeiger auf eine Routine steht, die eine Interrupt-Liste verwaltet.

Diese Routine wird mit "jmp (a5)" angesprungen, liegt bei $FC12FC und hat folgendes Aussehen:

In A1 befindet sich der Zeiger auf die ServerList-Struktur.

```
fc12fc move.w  18(A1),-(A7)   sl_IntClr lesen und speichern
fc1300 move.l  A2,-(A7)       A2 retten
fc1302 move.l  (A1),A2        Zeiger auf ersten Interrupt
fc1304 move.l  (A2),D0        Nachsehen, ob Interrupt vorhanden
fc1306 beq.s   $fc1316        Verzweige, wenn nicht vorhanden
fc1308 movem.l 14(A2),A5/A1   a1 = is_Data und
                              A5 = (*is_Code)()
fc130e jsr     (A5)           Einsprung ins Interrupt-Programm
fc1310 bne.s   $fc1316        Verzweige, wenn Rückmeldung nicht
                              Null
fc1312 move.l  (A2),A2        Zeiger auf nächsten Interrupt
                              Stelle
fc1314 bra.s   $fc1304        Unbedingter Sprung
fc1316 move.l  (A7)+,A2       A2 wieder herstellen
fc1318 move.w  (A7)+,$dff09c  Interrupt-Bit im
                              Interrupt-Request-Register löschen
fc131e rts                    Rücksprung
```

Wenn ein Interrupt abgearbeitet ist, wird der nächste sofort aufgerufen, sofern noch einer vorhanden ist und der vorige als Rückmeldung eine Null übergeben hat. Diese Rückmeldung geschieht meistens in D0.

Wie für die Interrupt-Handler stehen auch hier die gleichen Register zur freien Benutzung zur Verfügung. Sie unterscheiden sich jedoch in der Übergabe sinnvoller Werte zur Weiterbenutzung.

Beschreibung der Register:

D0 ist ein Zeiger auf den nächsten Interrupt.
D1 ist ein unbestimmter Wert.
A1 ist ein Zeiger auf den Datenspeicher des Interrupts.
A5 ist ein Zeiger auf das eigene Interrupt-Programm.
A6 ist ein unbestimmter Wert.

Zum besseren Verständnis der Verwaltung eines Interrupts durch einen Interrupt-Server wird dies anhand des Port-Interrupts, der von CIAA ausgelöst wird und unter anderem die Tastatur abfragt, noch einmal verdeutlicht.

Die Interrupt-Vector-Struktur liegt für diesen Interrupt ab Offset 120 von der ExecBase-Struktur ausgehend und ist wie folgt initialisiert:

iv_Data
Zeiger auf die ServeList-Struktur.

*(*iv_Code)()*
Zeiger auf ein Unterprogramm, das die Server-Liste verwaltet. Diese Routine liegt beim Amiga 500 und Amiga 2000 bei $FC12FC.

**iv_Node*
Ist nicht initialisiert, da die Interrupt-Strukturen in der ServerList-Struktur verkettet sind.

Die initialisierte ServerList-Struktur hat folgendes Aussehen:

sl_List
Ist initialisiert wie jede Liststruktur. In dieser Liste sind die Interrupt-Strukturen miteinander verkettet.

sl_IntClr und sl_IntSet
Haben den Wert $0008, da Bit 3 des Interrupt-Request-Registers für diesen Interrupt zuständig ist.

sl_IntSet
Hat den Wert $8008.

2.10.2 Soft-Interrupts

Wie sich aus dem Namen schon ersehen läßt, geht es hier um Interrupts, die softwaremäßig (von Hand) ausgelöst werden. Diese Interrupts haben eine höhere Priorität als Tasks, jedoch eine niedrigere als Hardware-Interrupts und können verwendet werden, um beliebige asynchrone Prozesse ablaufen zu lassen.

Zum Aufruf eines solchen Interrupts dient die Cause()-Funktion. Ruft man sie auf, wird der laufende Task unterbrochen und der Interrupt ausgeführt. Wird die Cause()-Funktion von einem Hardware-Interrupt aufgerufen, so wird dieser zuerst beendet, bevor der Soft-Interrupt ausgelöst wird.

Um einen Soft-Interrupt zu erzeugen, muß, wie auch bei allen anderen Interrupts zuvor, die Interrupt-Struktur entsprechend initialisiert werden. Daraufhin kann die Cause()-Funktion aufgerufen werden, wobei der Zeiger auf die Struktur in A1 übergeben wird.

Einem Soft-Interrupt können nur 5 verschiedene Prioritäten zugewiesen werden, und zwar: -32, -16, 0, +16, +32. Das liegt daran, daß in der ExecBase-Struktur für jede Priorität eine SoftIntList-Struktur zur Verfügung steht und nur Platz für 5 Strukturen vorgesehen ist.

Jede der Strukturen hat folgendes Aussehen:

```
    struct SoftIntList {
0     struct List sh_List;
14    UWORD sh_Pad;
    };
```

sh_List
Eine gewöhnliche List-Struktur.

sh_Pad
Wort, das nicht verwendet wird und nur dazu gebraucht wird, die Struktur auf Langwortgröße zu halten. Es hat immer den Wert Null.

Fünf dieser Strukturen befinden sich innerhalb der ExecBase-Struktur hintereinanderliegend beginnend bei Offset 434.

Wie Exec diese Interrupts verwaltet, wird durch die folgenden Assembler-Programme verdeutlicht.

Als erstes folgt nun die Dokumentation der Routine Cause():

```
fc1320 move.w  #$4000,$dff09a   Alle Interrupts sperren
fc1328 addq.b  #1,294(A6)       IdNestCount hochzählen
fc132c cmpi.b  #$0b,8(A1)       Typ auf SoftInt testen
fc1332 beq.s   $fc1370          Verzweige, wenn Typ SoftInt
fc1334 move.b  #$0b,8(A1)       Ansonsten neu
fc133a moveq   #$00,D0          Eintragen
fc133c move.b  9(A1),D0         Priorität noch D0
fc1340 andi.w  #$00f0,D0        Unerlaubte Bits löschen
fc1344 ext.w   D0               und vorzeichenrichtig erweitern
fc1346 lea     466(A6),A0       Zeiger auf Int. mit Pri. 0
fc134a adda.w  D0,A0            Position der SoftIntList anhand
                                der Priorität bestimmen
fc134c lea     4(A0),A0         Zeiger auf lh_Tail
fc1350 move.l  4(A0),D0         Zeiger auf letztes Glied nach D0
```

```
fc1354 move.l  A1,4(A0)         Neuen Interrupt als letzten
                                eintragen
fc1358 move.l  A0,(A1)          Int.-Nachfolger auf Null setzen
fc135a move.l  D0,4(A1)         Zeiger auf Vorgänger setzen
fc135e move.l  D0,A0            Zeiger auf früheren Int.
fc1360 move.l  A1,(A0)          dessen Nachfolger auf jetzigen
fc1362 bset    #5,292(A6)       im SysFlag SoftInt erlauben
fc1368 move.w  #$8004,$dff09c   Interrupt verursachen
fc1370 subq.b  #1,294(A6)       IdNestCount verringern
fc1374 bge.s   $fc137e          verzweige, wenn Int. noch nicht
                                erlaubt werden darf
fc1376 move.w  #$c000,$dff9a    Interrupts zulassen
fc137e rts                      Rücksprung
```

Anhand des Assembler-Listings können Sie sehen, wie ein Soft-Interrupt erzeugt wird. Bevor der Interrupt ausgeführt werden kann, muß dieser in eine der fünf SoftIntList-Strukturen eingetragen werden. In welche dieser Stukturen er eingetragen wird, hängt von seiner Priorität ab. Aus der Ermittlung der Struktur, in die er eingetragen werden soll, läßt sich ersehen, warum nur die Prioritäten -32, -16, 0, +16, +32 zulässig sind. Jede SoftIntList-Struktur ist 16 Bytes lang. Es wird ein Zeiger auf die mittlere Struktur erzeugt. Zu diesem Zeiger wird die Priorität addiert, wodurch die Position der gewünschten Struktur ermittelt wird.

Nachdem die zugehörige SoftIntList-Struktur festgestellt wurde, wird die Struktur des zu erzeugenden Interrupts als letztes Glied in die Liste eingehängt und in der ExecBase-Struktur im "SysFlags" vermerkt, das ein Soft-Interrupt anliegt. Daraufhin wird im Interrupt-Request-Register das Bit zur Ausführung eines Soft-Interrupts gesetzt und dieser auch in der ExecBase-Struktur als erlaubt gekennzeichnet. Nachdem alles erledigt ist, werden die Interrupts, die zu Beginn der Routine gesperrt wurden, wieder freigegeben.

Der Soft-Interrupt wird jetzt ausgeführt und aus der InterruptVector-Struktur der Zeiger auf das auszuführende Programm geholt, welches die SoftIntList-Strukturen verwaltet. Das Programm liegt ab $FC1380.

```
fc1380 move.w  #$0004,$dff09c   Interrupt-Request-Bit löschen
fc1388 bclr    #5,292(A6)       SysFlag-Bit löschen, testen
fc138e bne.s   $fc1392          Verzweige, wenn Interrupt
                                erlaubt
fc1390 rts                      Rücksprung
fc1392 move.w  #$0004,$dff09a   Interrupt-Enable-Bit löschen
fc139a bra.s   $fc13c2          Unbedingter Sprung
fc139c move    #$2700,SR        Alle Interrupts vom Prozessor
                                erlauben
fc13a0 move.l  (A0),A1          Zeiger auf ersten Interrupt
fc13a2 move.l  (A1),D0          Ist Node noch gültig?
fc13a4 beq.s   $fc13ae          Verzweige, wenn kein Int. mehr
```

```
fc13a6 move.l  D0,(A0)          Ersten Interrupt aus Liste
                                löschen
fc13a8 exg     D0,A1            A1 und D1 austauschen
fc13aa move.l  A0,4(A1)         ln_Pred auf Liste stellen
fc13ae move.l  D0,A1            Zeiger auf ersten Interrupt
fc13b0 move.b  #$02,8(A1)       ln_Type auf Int. setzen
fc13b6 move    #$2000,SR        Alle Interrupts sperren
fc13ba movem.l 14(A1),A5/A1     A1 = is_Data, A5 = (*is_Code)()
fc13c0 jsr     (A5)             Einspringen
fc13c2 moveq   #$04,D0          Anzahl der Int.-Listen -1
fc13c4 lea     498(A6),A0       Zeiger auf Int.-Liste mit
                                höchster Priorität
fc13c8 move.w  #$0004,$dff09c   Int.-Reqest-Bit löschen
fc13d0 cmpa.l  8(A0),A0         Liste leer?
fc13d4 bne.s   $fc139c          Verzweige, wenn nicht leer
fc13d6 lea     -16(A0),A0       Sonst Zeiger auf Int.-Liste mit
                                niedrigerer Priorität setzen
fc13da dbf     D0,$fc13d0       Verzweige, wenn nicht alle
                                Listen durchsucht
fc13de move    #$2100,SR        Alle Interrupts bis auf Pri. 1
                                sperren
fc13e2 move.w  #$8004,$dff09a   Soft-Interrupt wieder
                                erlauben
fc13ea rts                      Rücksprung
```

Als erstes wird in der soeben gezeigten Routine geprüft, ob das Bit, das die Zulassung eines Soft-Interrupts angibt, gesetzt ist, wie es von der Cause()-Funktion erledigt wird. Sollte dies der Fall sein, wird die Routine ausgeführt. Als nächstes wird das Interrupt-Request-Bit gelöscht und die Soft-Interrupt-Listen auf ihre Interrupt-Strukturen durchsucht. Ist eine Liste abgearbeitet oder leer, wird die nächste Liste durchsucht. Die Listen werden in fallender Priorität bearbeitet.

2.10.3 Die CIA-Interrupts

Nachdem wir die Interrupt-Verwaltung des Amiga besprochen haben, soll auf die Interrupts, die von den CIAs ausgelöst werden, hier gesondert eingegangen werden. Die Prozessor-Prioritäten der beiden Bausteine sind 6 für CIAB und 2 für CIAA und werden beide von einem Interrupt-Server verwaltet. Folglich zeigt das iv_Code-Element der InterruptVektor-Struktur auf eine ServerList-Struktur und "(*iv_Code)()" auf die Routine zur Verwaltung der Serverliste. Die InterruptVector-Strukturen der Interrupts liegen für CIAA ab Offset 120 und für CIAB ab Offset 240 in der ExecBase-Struktur.

2.10.3.1 Die CIA-Resource-Struktur

Normalerweise befindet sich in der Serverliste der Interrupts nur eine Interrupt-Struktur. Diese Interrupt-Struktur ist jedoch in diesem Fall ein Bestandteil der CIA-Resource-Struktur. Der is_Data-Zeiger zeigt wieder auf die Resource-Struktur und "(*is_Code)()" zeigt auf eine Routine, die die Resource-Struktur verwaltet.

Von dieser Routine werden mit Hilfe der Struktur alle CIA-Interrupts verwaltet, als da sind:

Timer-A-Interrupt
Timer-B-Interrupt
Echtzeituhr-Alarm-Interrupt
Serieller-Port oder Tastatur-Interrupt
Flag-Leitung-Interrupt

Die CIA-Resource-Struktur ist im Grunde eine Library-Struktur, die jedoch noch um eigene Einträge erweitert wurde.

Die CIA-Resource Struktur sieht wie folgt aus:

Aufschlüsselungen der Unterstrukturen sind eingerückt dargestellt.

```
Offset          Bedeutung
0       struct Node lib_Node
            0   Zeiger auf nächste Resource
            4   Zeiger auf vorhergehende Resource
            8   Node-type
            9   Node-pri
            10  Zeiger auf Resourcename

14      UBYTE  lib-Flags                    \* $00 *\
15      UBYTE  lib_pab                      \* $00 *\
16      UWORD  lib_NegSize                  \* $0018 *\
18      UWORD  lib_PosSize                  \* $007C *\
20      UWORD  lib_Version                  \* $0000 *\
22      UWORD  lib_Revision                 \* $0000 *\
24      APTR   lib_IdString                 \* $00000000 *\
28      ULONG  lib_Sum                      \* $00000000 *\
32      UWORD  lib_OpenCnt                  \* $0000 *\
34      APTR   CiaStartPtr
38      WORD   IntRequestBit
40      BYTE   IntEnableCia
41      BYTE   IntReqestCia

42      struct Interrupt cia_Interrupt
            42  Zeiger auf nächsten Interrupt
            46  Zeiger auf vorherigen Interrupt
            50  Node-type
            51  Node-pri
```

```
          52   Zeiger auf Interrupt-Namen
          56   Zeiger auf Datenpuffer (hier Resource)
          60   Zeiger auf auszuführenden Code

64   struct IntVector Timer A

          CIAA und CIAB
          64   Nicht initialisiert (00000000)
          68   Nicht initialisiert (00000000)
          72   Nicht initialisiert (00000000)

76   struct IntVector Timer B

          CIAA:
          76   Zeiger auf Datenpuffer
          80   Einsprung bei $FE9726
          84   Zeiger auf Interrupt-Struktur

          CIAB:

          76   Nicht initialisiert (00000000)
          80   Nicht initialisiert (00000000)
          84   Nicht initialisiert (00000000)

88   struct IntVector TOD Alarm

          CIAA:
          88   Nicht initialisiert (00000000)
          92   Nicht initialisiert (00000000)
          96   Nicht initialisiert (00000000)

          CIAB:

          88   Zeiger auf graphics.library
          92   Einsprung bei $FC6D68
          96   Zeiger auf Interrupt-Struktur

100  struct IntVector Seriell Data

          CIAA:
          100  Zeiger auf Keyboard.device
          104  Einsprung Tastenabfrage ($FE571C)
          108  Zeiger auf Interrupt-Struktur

          CIAB:
          100  Nicht initialisiert (00000000)
          104  Nicht initialisiert (00000000)
          108  Nicht initialisiert (00000000)
112  struct IntVector Flag Leitung

          CIAA:
          112  Nicht initialisiert (00000000)
          114  Nicht initialisiert (00000000)
          118  Nicht initialisiert (00000000)
```

```
CIAB:
112    Zeiger auf disk.resource
114    Einsprung bei $FC4AB0
118    Zeiger auf Interrupt-Struktur
```

Ein paar Erläuterungen dürften zu einigen Strukturunterpunkten noch zu machen sein.

CiaStartPtr
Zeiger auf den Beginn der CIA-Register. Bei CIAA ist dies $BFE001 und bei CIAB $BFD000.

IntRequestBit
Bit, das im Interrupt-Request-Register gesetzt wird, wenn der Interrupt ausgelöst werden soll. Für CIAA ist dies $0008 und für CIAB $2000.

IntEnableCia
Byte, in dem vermerkt ist, welcher CIA-Interrupt erlaubt oder nicht erlaubt ist.

IntRequestCia
Byte, in dem vermerkt wird, welcher CIA-Interrupt anliegt.

In den IntVektor-Strukturen sind die Vektoren für die einzelnen CIA-Interrupts vermerkt. Nicht initialisierte Strukturen werden vom Betriebssystem nicht benutzt und können für eigene Zwecke verwendet werden.

2.10.3.2 Die Verwaltung der Resource-Struktur

Nachdem die Struktur als solches bekannt ist, wird jetzt näher auf die Routine eingegangen, von der sie verwaltet wird. In A1 ist der Beginn der Resource-Struktur gespeichert.

Einsprung von CIAB:

```
fc4610 movem.l A2/D2,-(A7)        D2 und A2 retten
fc4614 move.b  $bfdd00,D2         Int.-Cont-Reg. nach D2 (CIAB)
fc461a bra.s   $fc4626            Unbedingter Sprung
```

Einsprung von CIAA:

```
fc461c movem.l A2/D2,-(A7)      D2 und A2 retten
fc4620 move.b  $bfed01,D2       Int.-Cont-Reg. nach D2 (CIAA)
fc4626 bclr    #7,D2            Oberstes Bit löschen
fc462a or.b    41(A1),D2        Alte Bits mit neuen verknüpfen
fc462e move.b  D2,41(A1)        und Int.-Req.-Byte eintragen
fc4632 and.b   40(A1),D2        Req. mit Enable-Byte verknüpfen
fc4636 beq.s   $fc4658          Verzweige, wenn Int. nicht
                                zugelassen
fc4638 move.l  A1,A2            Zeiger auf Resource nach A2
fc463a eor.b   D2,41(A2)        Bit des abzuarbeitenden
                                Interrupt im Reques-Reg. löschen
fc463e lsr.b   #1,D2            Bit für Timer-A-Int. ins Carry
fc4640 bcs.s   $fc465e          Verzweige, wenn Timer-A-Int.
fc4642 lsr.b   #1,D2            Bit für Timer-B-Int. ins Carry
fc4644 bcs.s   $fc4668          Verzweige, wenn Timer-B-Int.
fc4646 beq.s   $fc4658          Verzweige, wenn keine Interrupts
                                mehr vorhanden
fc4648 lsr.b   #1,D2            Bit für TOD-Alarm ins Carry
fc464a bcs.s   $fc4672          Verzweige, wenn TOD-Alarm
fc464c beq.s   $fc4658          Verzweige, wenn keine Interrupts
                                mehr vorhanden
fc464e lsr.b   #1,D2            Bit für Seriell-Data ins Carry
fc4650 bcs.s   $fc467c          Springe, wenn Seriell-Data Int.
fc4652 beq.s   $fc4658          Verzweige, wenn keine Interrupts
                                mehr vorhanden
fc4654 lsr.b   #1,D2            Bit für Flag-Int. ins Carry
fc4656 bcs.s   $fc4686          Verzweige, wenn Flag-Interrupt
fc4658 movem.l (A7)+,A2/D2      D2 und A2 wiederherstellen
fc465c rts                      Rücksprung
```

Die Routine trägt jeden hereinkommenden Interrupt sofort in dem Interrupt-Request-Byte der Resource-Struktur ein, sieht nach, ob der Interrupt erlaubt ist, und löscht, falls er erlaubt war, die entsprechenden Request-Bits wieder. Danach werden die Bits der anliegenden Interrupts systematisch ins Carry-Register geschoben und geprüft, ob sie erlaubt waren. Falls ja, wird der entsprechende Interrupt ausgeführt. Die Routinen zum Ausführen eines Interrupts werden jetzt anschließend beschrieben.

In A2 befindet sich der Zeiger auf die Resource-Struktur.

Timer-A-Interrupt:

```
fc465e movem.l 64(A2),A5/A1     Einsprung und Datenzeiger holen
fc4664 jsr     (A5)             Einspringen
fc4666 bra.s   $fc4642          Zurück zur Int.-Auswertung
```

Timer-B-Interrupt:

```
fc4668 movem.l 76(A2),A5/A1     Einsprung und Datenzeiger holen
```

```
fc466e jsr      (A5)            Einspringen
fc4670 bra.s    $fc4648         Zurück zur Int.-Auswertung
```

TOD-Alarm-Interrupt:

```
fc4672 movem.l 88(A2),A5/A1     Einsprung und Datenzeiger holen
fc4678 jsr      (A5)            Einspringen
fc467a bra.s    $fc464e         Zurück zur Int.-Auswertung
```

Seriell-Data-Interrupt:

```
fc467c movem.l 100(A2),A5/A1    Einsprung und Datenzeiger holen
fc4682 jsr      (A5)            Einspringen
fc4684 bra.s    $fc4654         Zurück zur Int.-Auswertung
```

Flag-Interrupt:

```
fc4686 movem.l 112(A2),A5/A1    Einsprung und Datenzeiger holen
fc468c jsr      (A5)            Einspringen
fc468e bra.s    $fc4658         Zurück zur Int.-Auswertung
```

Wie eine Library, so verfügt auch die Resource-Struktur über Funktionen, die ihre Verwaltung vereinfachen. Diese Funktionen sind von der Basisadresse aus mit negativen Offsets zu erreichen. Die CIA-Resource-Struktur verfügt über vier Funktionen. Diese sind:

Offset **Funktion**

-6 *SetInterrupt*

IntVector-Struktur nach Angaben setzen und Interrupt ermöglichen (Enable-Bit). In A1 muß sich der Zeiger auf die Interrupt-Struktur und in D0 Nummer des Interrupts befinden. Die Nummer 0 steht für Timer-A-Interrupt und 4 für Flag-Interrupt. Mit dieser Funktion ist es nicht möglich, bereits initialisierte IntVektor-Struktruren zu verändern. Zu diesem Zweck muß die Struktur zuvor mit der Funktion Clr-Interrupt gelöscht werden. Der angegebene Interrupt wird gleichzeitig ermöglicht.

-12 *ClrInterrupt*

IntVektor-Struktur löschen und Interrupt verhindern. In D0 befindet sich die Nummer der IntVector-Struktur, die gelöscht werden soll. Der angegebene Interrupt wird gleichzeitig gesperrt.

-18 *Clr/Set-Enable-Bits*

Setzen der Interrupt-Enable-Bits im Hardware-Register sowie in der Resource-Struktur. In D0 müssen die Bits gesetzt sein, die man zu ändern gedenkt. Bit 7 gibt an, ob diese Bits gelöscht oder gesetzt werden. Ist Bit 7 gelöscht, werden auch die angegebenen Bits im Interrupt-Enable-Register gelöscht. Mit D0 = $03 würden beide Timer-Interrupts gesperrt. Als Rückgabe erhält man in D0 den alten Stand des Hardware-Interrupt-Request-Registers.

-24 *ExecuteInterrupt*

Mit dieser Funktion ist es möglich, einen CIA-Interrupt mit der angegebenen Quelle softwaremäßig auszulösen. In D0 muß das Bit gesetzt sein, das im CIA-Interrupt-Request-Register für eine bestimmte Quelle steht. Zusätzlich muß noch Bit 7 von D0 gesetzt sein. Man müßte die Funktion mit D0 = $81 aufrufen, um einen Timer-A-Interrupt zu erzeugen. Als Rückgabe erhält man in D0 den alten Stand des Hardware-Interrupt-Request-Registers.

Der Aufruf der Funktionen kann nur fehlerfrei erfolgen, wenn der Zeiger auf die Resource-Struktur in A6 steht. Mit move.b #$02,d0

```
move.l ResourceBase,a6
jsr -18(a6)
```

würde der Timer-B-Interrupt gesperrt. Als nächstes folgen die Assembler-Listings der einzelnen Funktionen.

SetInterrupt

```
fc4690 moveq    #$00,D1          D1 löschen
fc4692 move.b   D0,D1            Int.-Nummer nach D1
fc4694 mulu     #$000c,D1        Richtigen Offset berechnen
fc4698 move.l   $0004,A0         ExecBase nach A0
fc469c move.w   #$4000,$dff09a   Disable-
fc46a4 addq.b   #1,294(A0)       Macro
fc46a8 lea      64(A6,D1.W),A0   Beginn der Struktur bestimmen
fc46ac move.l   8(A0),D1         War Struktur schon initialisiert?
fc46b0 bne.s    $fc46e2          Verzweige, wenn ja
fc46b2 move.l   A1,8(A0)         *iv-Node setzen
fc46b6 move.l   18(A1),4(A0)     (*iv_Code)() setzen
fc46bc move.l   14(A1),0(A0)     iv_Data setzen
fc46c2 move.w   #$0080,D1        Clr/Set-Bit auf Set setzen
fc46c6 bset     D0,D1            Zu setzendes Bit eintragen
fc46c8 move.w   D1,D0            Wert nach D0 übertragen
fc46ca bsr.s    $fc470a          Zur Funktion Clr/Set-Enable-Bit
fc46cc moveq    #$00,D0          D0 löschen
fc46ce move.l   $0004,A0         ExecBase nach A0
```

```
fc46d2 subq.b  #1,294(A0)
fc46d6 bge.s   $fc46e0           Enable-
fc46d8 move.w  #$c000,$dff09a    Macro
fc46e0 rts                       Rücksprung

fc46e2 move.l  D1,D0             Nicht verwendeter
fc46e4 bra.s   $fc46ce           Programmteil
```

ClrInterrupt

```
fc46e6 moveq   #$00,D1           D1 löschen
fc46e8 move.b  D0,D1             Strukturnummer nach D1
fc46ea mulu    #$000c,D1         Offset berechnen
fc46ee move.l  $0004,A0          ExecBase nach A0
fc46f2 move.w  #$4000,$dff09a    Disable-
fc46fa addq.b  #1,294(A0)        Macro
fc46fe lea     64(A6,D1.W),A0    Strukturposition bestimmen
fc4702 clr.l   8(A0)             Zeiger auf Interrupt-Struktur
                                 löschen, als Zeichen, daß Struktur leer
fc4706 moveq   #$00,D1           D1 löschen
fc4708 bra.s   $fc46c6           Enable-Bits löschen
```

Clr/Set-Enable-Bits

```
fc470a move.l  $0004,A0          ExecBase nach A0
fc470e move.w  #$4000,$dff09a    Disable-
fc4716 addq.b  #1,294(A0)        Macro
fc471a move.l  34(A6),A0         CiaStartPtr nach A0
fc471e move.b  D0,3328(A0)       CIA-Int.-Con.-Reg. setzen
fc4722 lea     40(A6),A1         Zeiger auf IntEnableCia
fc4726 bra.s   $fc474c           Bits setzen
```

ExecuteInterrupt

```
fc4728 move.l  $0004,A0          ExecBase nach A0
fc472c move.w  #$4000,$dff09a    Disable-
fc4734 addq.b  #1,294(A0)        Macro
fc4738 move.l  34(A6),A0         CiaStartPtr nach A0
fc473c move.b  3328(A0),D1       Cia-Int.-Con.-Reg. lesen
fc4740 bclr    #7,D1             Oberstes Bit löschen
fc4744 or.b    D1,41(A6)         Mit IntRequestCia verknüpfen
fc4748 lea     41(A6),A1         Zeiger auf IntRequestCia setzen
```

Einsprung von Clr/Set-Enable-Bits von $FC4726

```
fc474c moveq   #$00,D1           D1 löschen
fc474e move.b  (A1),D1           IntRequestCia nach D1
fc4750 tst.b   D0                Ist D0 gesetzt?
fc4752 beq.s   $fc4762           Verzweige, wenn nicht gesetzt
fc4754 bclr    #7,D0             Oberstes Bit löschen
```

```
fc4758 bne.s   $fc4760          Wenn es gesetzt war, dann
                                verzweige zu Bits setzen
fc475a not.b   D0               Bits zum Löschen negieren
fc475c and.b   D0,(A1)          Entsprechende Bits löschen
fc475e bra.s   $fc4762          Unbedingter Sprung

fc4760 or.b    D0,(A1)          Entsprechende Bits setzen
fc4762 move.b  40(A6),D0        Prüfen, ob ein
fc4766 and.b   41(A6),D0        Interrupt erlaubt ist
fc476a beq.s   $fc477a          Ende, wenn nicht erlaubt
fc476c move.w  38(A6),D0        IntRequest-Bit aus Struktur holen
fc4770 ori.w   #$8000,D0        Clr/Set-Bit setzen
fc4774 move.w  D0,$dff09c       Interrupt auslösen
fc477a move.l  $0004,A0         ExecBase holen
fc477e subq.b  #1,294(A0)
fc4782 bge.s   $fc478c          Enable-
fc4784 move.w  #$c000,$dff09a   Macro
fc478c move.l  D1,D0            Vorherige Request-Bits übergeben
fc478e rts                      Rücksprung
```

2.10.4 Beschreibung der Interrupt-Funktionen

SetIntVector

```
Funktion:  Interrupt = SetIntVector (intNum, int)
              D0                      D0     A1
Offset: -162
```

Beschreibung

Diese Funktion initialisiert die IntVector-Struktur zum Benutzen mit einem Interrupt-Handler. Als Rückgabeparameter erhalt man einen Zeiger auf die zuvor für diesen Interrupt genutzte Interrupt-Struktur.

Parameter

intNum

Nummer des Interrupts, den man zu nutzen gedenkt. Mit Nummer 1 beispielsweise würde der Interrupt-Handler für "Diskblock abgearbeitet" initialisiert.

int

Zeiger auf initialisierte Interrupt-Struktur.

Rückgabeparameter

In D0 wird ein Zeiger auf die Interrupt-Struktur übergeben.

AddIntServer

```
Funktion:  AddIntServer (intNum, int)
                         D0      A1
Offset: -168
```

Beschreibung

Die Funktion hängt die angegebene Interrupt-Struktur in die Interrupt-Server-Liste ein. Die Priorität, die in der Node-Struktur angegeben ist, entscheidet, an welcher Stelle der Interrupt in die Liste eingefügt wird. Ein Interrupt mit hoher Priorität wird vor einem Interrupt mit niedriger Priorität ausgeführt.

Parameter

intNum

Nummer des Interrupts, den man zu nutzen gedenkt.

int

Zeiger auf die initialisierte Interrupt-Struktur.

RemIntServer

```
Funktion:  RemIntServer (intNum, int)
                         D0      A1
Offset: -174
```

Beschreibung

Die angegebene Interrupt-Struktur wird aus der Interrupt-Server-Liste herausgenommen.

Parameter

intNum

Nummer des Interrupts, den man zu nutzen gedenkt.

int
Zeiger auf initialisierte Interrupt-Struktur.

Cause

```
Funktion:  Cause (interrupt)
                  A1
Offset:   -180
```

Beschreibung
Von einem Task oder einem Interrupt wird softwaremäßig ein anderer Interrupt ausgelöst. Die Priorität dieses Interrupts ist niedriger als die eines Hardware-Interrupts, jedoch höher als die eines Tasks und kann dazu verwendet werden, asynchrone Steuerprozesse zu übernehmen.

Parameter

interrupt
Zeiger auf die initialisierte Interrupt-Struktur.

2.10.5 Beispiel eines Interrupt-Servers

Nachdem die Interrupt-Programmierug theoretisch besprochen wurde folgt jetzt noch ein Beispiel, um das neu erworbene Wissen in der praktischen Anwendung zu erproben.

Mit dem folgenden Programm, das nur für die Besitzer einer RAM-Erweiterung in dieser Form interessant ist, ist es möglich, über F10 das gesamte Fast-Memory zu belegen und über F9 wieder einzuschalten. F1 dient zum Ausschalten der Tastenabfrage. Das Programm kann so modifiziert werden, daß man auch andere Prozesse über bestimmte Tasten in Gang setzen kann.

```
memtype = $10004
anzData = 300
allocmem = -198
freemem = -210
addIntServer = -168
RemIntServer = -174
taste = $bfec01
pri = 100
Type = 2
intNum = 3
```

```
is_Data = 14
is_Code = 18
ln_Type = 8
ln_Pri = 9
ln_Name = 10

move.l $4,a6
move.l #anzData,d0
move.l #memtype,d1                         ;fast, CLR
jsr allocmem(a6)
tst.l d0
beq fehler
move.l d0,a2
add.l #32,d0                               ;Datespeicheranfang
move.l d0,is_Data(a2)
move.b #pri,ln_pri(a2)
move.b #type,ln_Type(a2)
move.l #Ende-Anfang+8,d0                   ;Code-Größe bestimmen
jsr allocmem(a6)                           ;Speicher für Programm
tst.l d0                                   ;Fehler?
bne ok1                                    ;Nein
move.l a2,a1                               ;*Interrupt
move.l #anzData,d0
jsr freemem(a6)                            ;Speicher freimachen
jmp fehler

ok1:      move.l d0,a3
          move.l a3,is_Code(a2)
          move.l a2,a1                     ;*Interrupt-Struct

          lea.l Anfang,a2
          move.l #Ende-Anfang,d0
l1:       move.b (a2)+,(a3)+
          dbf d0,l1

          move.l #intNum,d0                ;Für Tasten-Int.
          jsr addIntServer(a6)
          rts

fehler:   rts

; in A1 ist der Zeiger auf den Datenspeicher
; gebraucht werden dürfen nur d0,d1,a1,a5,a6

Anfang:   move.l d0,a5                     ;*nächsten Interrupt
          move.b taste,d0
          not d0
          ror.b #1,d0
          cmp.b #$59,d0 ;F10
          beq Speicheraus
          cmp.b #$58,d0 ;F9
          beq Speicherein
          cmp.b #$50,d0 ;F1
          beq Abfrageaus
fehler1:  clr.l d0
  rts
```

```
Speicheraus:
        mem = $20004              ;Memory-Typ
        availmem = -216

        move.l a1,a5
        tst.l (a5)
        bne fehler1
        move.l #$ffffffff,(a5)+
        move.l $4,a6
l6:     move.l #mem,d1
        jsr availmem(a6)
        tst.l d0
        beq end1
        move.l d0,(a5)+
        jsr allocmem(a6)
        tst.l d0
        beq end1
        move.l d0,(a5)+
        bra l6
end1:   clr.l (a5)
        bra blink


Speicherein:
        move.l a1,a5
        move.l $4,a6
        tst.l (a5)
        beq fehler1
        clr.l (a5)+
l7:     tst.l (a5)
        beq end2
        move.l (a5)+,d0
        move.l (a5)+,a1
        jsr freemem(a6)
        bra l7
end2:   bra blink

Abfrageaus:
        move.l 4(a5),a1           ;Interrupt nach a1
        move.l #intNum,d0
        move.l $4,a6
        jsr RemIntServer(a6)
        bra blink

blink:  move.l #$2000,d0
l5:     move.w d0,$dff180
        sub.l #$01,d0
        bne l5
        rts

Ende:
```

Mit diesem Programm wird eine Interrupt-Struktur eröffnet und diese in den Tastatur-Interrupt eingehängt. Da die Priorität unserer Interrupt-Struktur höher ist als die, die die Tastatur abfragt, wird unser Interrupt zuerst ausgeführt. Hier werden nun bestimmte Tasten abge-

fragt. Sollte F10 gedrückt worden sein, wird das gesamte Fast-Memory belegt, und die Zeiger auf die belegten Bereiche werden mit ihren Längen im Interrupt-Datenpuffer abgelegt. Wird nun wieder F9 gedrückt, werden die Interrupt-Datenpuffer vermerkten Zeiger benutzt, um den Speicher wieder frei zu geben. Beim Drücken von F1 wird die Interrupt-Struktur wieder aus der Interrupt-Server-Liste entfernt, wodurch keine Tastenabfrage mehr erfolgen kann.

Als Signal, daß eine Taste gedrückt wurde und der Befehl ausgeführt werden konnte, blinkt der Bildschirm kurz auf.

2.11 Semaphoren

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln schon einiges über die Kommunikation zwischen Tasks gesagt wurde, soll nun das Bild vervollständigt werden.

Wie zu erfahren war, funktioniert die Zusammenarbeit verschiedener Betriebssystemteile über Message-Ports und Messages, die über besagte Ports gesandt werden. Mit Hilfe dieser Ports lassen sich alle Probleme, die durch das Multitasking auftreten, meistern.

Es gibt Schwierigkeiten im Zusammenhang mit Multitasking, die sich zwar über Message-Ports lösen lassen, jedoch nur auf umständliche Weise, weshalb zusätzliche Strukturen eingeführt wurden, um die Arbeit zu erleichtern. Diese Strukturen heißen Semaphoren.

Semaphoren werden dort eingesetzt, wo mehrere Tasks auf eine bestimmte Einheit zugreifen sollen, jeder Zugriff jedoch ohne Einmischung des anderen Tasks erfolgen muß. Eine Möglichkeit, dies zu bewerkstelligen, besteht darin, andere Tasks während des Zugriffs mit Forbid() zu sperren, was jedoch nur für eine kurze Zeit sinnvoll ist. Erstreckt sich der Zugriff über einen längeren Zeitraum, kann das Sperren der anderen Tasks zu Schwierigkeiten im System führen.

Ein Beispiel für einen solchen Zugriff ist das Senden von Daten zum Drucker. Während ein Task auf den Drucker zugreift, werden alle anderen Tasks für ihn gesperrt. Wie schon gesagt wird die Übermittlung von Daten zum Drucker über einen Message-Port erledigt, dessen Verwaltung durch den Printer-Task geschieht.

Zur Verwaltung eines Message-Ports wird in jedem Fall ein eigener Task benötigt, der diese Aufgabe erledigt. Im Fall des Druckers ist das kein Problem, da ohnehin ein Task zur Verwaltung des Druckers benötigt wird.

Was geschieht jedoch, wenn es sich um den Zugriff auf eine Struktur handelt, deren Bearbeitung eine längere Zeit beansprucht. Es müßte hierfür extra ein Task eingerichtet werden, um die Zugriffe auf die Struktur zu verwalten.

In einem solchen Fall kommen Semaphoren zur Geltung. Will ein Task auf eine Struktur zugreifen, sendet er eine Anfrage an die zu der Struktur gehörende Semaphore (Funktion: ObtainSemaphore()). Hier wird nachgesehen, ob ein anderer Task zur Zeit auf die Struktur zugreift. Ist dies der Fall, wird seine Anfrage an das Ende einer Liste gehängt, und der Task auf "Wait" gesetzt. Wenn der Task, der zur Zeit auf die Struktur zugreift, seine Arbeit beendet hat, gibt er sie für andere Tasks frei (Funktion: ReleaseSemaphore()). Durch die Freigabe wird der erste Task, der in der Warteliste steht, für den Zugriff zugelassen.

Sollte ein Zugriff weniger wichtig sein, so daß er auch zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen kann, kann die Funktion namens AttemptSemaphore() verwendet werden. Hier wird lediglich nachgesehen, ob die Semaphore belegt ist, und eine entsprechende Rückmeldung übergeben. Der anfragende Task wird im Gegensatz zur Funktion ObtainSemaphore() nicht in Wartestellung gesetzt.

Ein konkreteres Beispiel für die Verwendung einer Signal-Semaphore-Struktur im Zusammenhang mit dem Zugriff auf eine andere Struktur ist die Expansion-Library. Jeder Task, der auf die Einträge der Struktur zugreifen oder die Funktionen der Library benutzen will, muß sich zuvor über eine Signal-Semaphore "anmelden".

Sehen wir uns als erstes die entsprechenden Strukturen näher an.

2.11.1 Die Semaphore-Strukturen

```
struct SignalSemaphore {                       /* Offsets */
   struct Node             ss_Link;            /* 00  $00 */
   SHORT                   ss_NestCount;       /* 14  $0E */
   struct MinList          ss_WaitQueue;       /* 16  $10 */
   struct SemaphoreRequest ss_MultipleLink;    /* 28  $1A */
```

```
        struct Task           *ss_Owner;          /* 40  $28 */
        SHORT                 ss_QueueCount;      /* 44  $2C */
    };
```

ss_Link
Hierbei handelt es sich um eine uns mittlerweile bekannte Node-Struktur, um mehrere Signal-Semaphor-Strukturen in einer Liste zu verketten. Eine List-Struktur zur Verkettung der Semaphore-Struktur existiert bereits in der ExecBase-Struktur unter dem Namen SemaphoreList mit dem Offset 532.

ss_NestCount
Dies ist ein Zähler, durch den festgestellt werden kann, ob und wenn ja wie oft ein Task eine bestimmte Signal-Semaphore-Struktur angefordert hat. Bei jeder Anforderung wird der Zähler um eins erhöht.

ss_WaitQueue
Diese MinList-Struktur wird verwendet, um mehrere Semaphore-Request-Strukturen (sie werden noch besprochen) miteinander zu verknüpfen. Jede SemaphoreRequest-Struktur repräsentiert einen Task, der auf die Zuweisung der Signal-Semaphore wartet. Kommt ein neuer Task hinzu, wird seine Anfrage (SignalRequest-Struktur) an das Ende der Liste gestellt.

ss_MultipleLink
Diese Struktur (Besprechung folgt) dient nur zu betriebssysteminternen Zwecken im Zusammenhang mit der Funktion ObtainSemaphoreList() und braucht den Anwender nicht weiter zu interessieren. "Wissenshungrige" können sich die Dokumentation der ObtainSemaphoreList-Funktion zum Verständnis des Eintrags ansehen.

**ss_Owner*
Zeiger auf den Task, der zur Zeit die Semaphore belegt.

ss_QueueCount
Dieser Zähler dient zur Erkennung der Anzahl der Tasks, die auf die Belegung der Semaphore warten. Wird die Semaphore nicht benutzt,

steht der Zähler auf -1. Wenn ein Task die Semaphore benutzt und kein anderer auf die Benutztung wartet, hat der Zähler den Wert Null.

Eine weitere Struktur, die im Zusammenhang mit der Verwendung von Semaphoren benötigt wird, ist die SemaphoreRequest-Struktur. Sie wird in die ss_WaitQueue eingehängt und steht im direkten Zusammenhang mit dem auf Zugriff wartenden Task. Diese Struktur ist für den Anwender weniger interessant, da sie nur innerhalb der nachfolgend beschriebenen Funktion benötigt wird und keiner Initialisierung bedarf.

```
struct SemaphoreRequest {                          /* Offsets */
   struct MinNode  sr_Link;                        /* 00  $00 */
   struct Task    *sr_Waiter;                      /* 08  $08 */
};
```

sr_Link
MinNode-Struktur, mit deren Hilfe die SemaphoreRequest-Struktur in die ss_WaitQueue-Liste eingehängt wird.

**sr_Waiter*
Zeiger, der auf den Task (die Task-Struktur) zeigt, der auf die Benutzung der Semaphore wartet.

Als letzte im Bunde existiert noch eine Semaphore-Struktur, die von den Exec-Funktionen nicht verwendet wird. Sie besteht nur aus einem um ein WORT erweiterten Message-Port. Da sie nicht von den Funktionen der Exec-Library unterstützt wird und ohnehin im Grunde nichts anderes als ein Message-Port darstellt, gehen wir nicht weiter auf sie ein, sondern führen sie nur der Vollständigkeit halber mit auf. Wenn in den folgenden Passagen von Semaphore gesprochen wird, ist immer die SignalSemaphore gemeint.

```
struct Semaphore {                                 /* Offsets */
   struct MsgPort sm_MsgPort;                      /* 00  $00 */
   WORD           sm_Bids;                         /* 34  $22 */
};
#define sm_LockMsg mp_SigTask
```

Als nächstes folgt die Beschreibung der von Exec zur Verfügung gestellten Funktionen zur Bearbeitung der Signal-Semaphoren, aus denen sich genauere Informationen über die Verarbeitung von Semaphoren entnehmen lassen.

2.11.2 Die Semaphore-Funktionen

InitSemaphore

```
Funktion: InitSemaphore(SignalSemaphore)
                        A0
Offset:   -558, -$22E, $FDD2
```

Beschreibung

Um eine Signal-Semaphore zu erstellen, müssen ihre Einträge initialisiert werden. Diese Aufgabe wird von der Funktion übernommen. Sie erstellt die MinList-Struktur, löscht den ss_NestCount-, den ss_QueueCount-Eintrag, sowie den Zeiger auf den Task. Für Sie bleibt lediglich, Typ und Namen in der Node-Struktur zu setzen, was für die Funktion der Semaphore nicht wichtig ist, jedoch zum besseren Programmierstil gehört.

Wenn es sich bei Ihrer Semaphore um eine globale Semaphore handelt, so muß ein Name eingetragen werden, da die zugehörigen Tasks die Semaphore ansonsten nicht finden können. Es muß darauf geachtet werden, daß nicht mehrere verschiedene globale Semaphoren den gleichen Namen haben, weil in diesem Fall immer nur eine Semaphore gefunden werden kann. Als global gelten Semaphoren, die in der Semaphore-Liste der ExecBase-Struktur eingetragen sind (Offset 532).

Parameter

SignalSemaphore
Zeiger auf eine Signal-Semaphore-Struktur.

Dokumentation

A0 = Zeiger auf Signal-Semaphore.

```
fc2d94 lea     16(A0),A1        Zeiger auf ss_WaitQueue
fc2d98 move.l  A1,(A1)          Leere Liste
fc2d9a addq.l  #4,(A1)
fc2d9c clr.l   4(A1)
fc2da0 move.l  A1,8(A1)         erstellen
fc2da4 clr.l   40(A0)           Eintrag ss_Owner löschen
fc2da8 clr.w   14(A0)           ss_NestCount löschen
fc2dac move.w  #$ffff,44(A0)    ss_QueueCount auf -1 setzen
fc2db2 rts                      Rücksprung
```

ObtainSemaphore

```
Funktion: ObtainSemaphore(SignalSemaphore)
                                A0

Offset:   -564, -$234, $FDCC
```

Beschreibung

Die Funktion überprüft den ss_QueueCounter daraufhin, ob die Semaphore von einem Task zur Zeit benutzt wird. Wenn nicht, wird die Funktion beendet, wobei vermerkt wird, daß die Semaphore jetzt benutzt wird.

Ist die Semaphore schon belegt, wird nachgesehen, ob es sich beim jetzigen Benutzer um den gleichen Task handelt. Wenn dies der Fall ist, bedeutet das, daß der Task erneut auf die "Zugriffsgenehmigung" warten will, obwohl er diese bereits hat. Seine erneute Anfrage wird nicht in die Liste eingereiht, sondern sofort bearbeitet. Dies ist eine Vorsichtsmaßnahme, um einen Absturz zu verhindern, der entstehen würde, wenn ein Task darauf wartet, sich selbst freizugeben (Dead Lock).

Als letztes bleibt festzustellen, ob die Semaphore im Moment von einem anderen Task benutzt wird. In diesem Fall wird im Stack eine SemaphoreRequest-Struktur erstellt, die ans Ende der ss_WaitQueue gehängt wird. Als weiteres wird in der Task-Struktur in tc_SigRecvd das Bit, das den Empfang eines Semaphore-Signals repräsentiert, gelöscht. Zum Schluß wird der Task in den Wait-Status versetzt und erst wieder "erweckt", wenn ein entsprechendes Signal an ihn gesandt wird (siehe ReleaseSemaphore()).

Parameter

SignalSemaphore
Zeiger auf eine initialisierte Signal-Semaphore-Struktur.

Dokumentation

```
A0 = Zeiger auf Signal-Semaphore
A6 = Zeiger auf ExecBase

fc2db4 addq.b  #1,295(A6)      TDNestCnt +1 (Forbid)
fc2db8 addq.w  #1,44(A0)       ss_QueueCount +1
fc2dbc bne.s   $fc2dc6         Semaphore benutzt, Task in
                               Warteliste eintragen
fc2dbe move.l  276(A6),40(A0)  ThisTask aus OwnerTask
                               eintragen
```

```
fc2dc4 bra.s    $fc2dfa              Semaphore frei, freier Zugriff

fc2dc6 movem.l  A1-A0/D1-D0,-(A7)    Register retten
fc2dca move.l   276(A6),A1           ThisTask nach A1
fc2dce cmpa.l   40(A0),A1            Ist Task bereits Owner der
                                     Semaphore
fc2dd2 beq.s    $fc2df6              Ja, Zugriff erlaubt
```

Task in ss_WaitQueue einreihen. Zu diesem Zweck wird im Stapel eine Semaphore-Request-Struktur erstellt, die in die Liste eingetragen wird.

```
fc2dd4 lea      -12(A7),A7           Struktur in Speicher anlegen
fc2dd8 move.l   A1,8(A7)             Eigenen Task als sr_Waiter
                                     eintragen
fc2ddc bclr     #4,29(A1)            Signal-Bit in Task-Strukt
                                     löschen
fc2de2 lea      16(A0),A0            Zeiger auf ss_WaitQueue
fc2de6 move.l   A7,A1                Zeiger auf SemaphoreRequest
fc2de8 bsr.l    $fc15e8              Funktion: AddHead()
fc2dec moveq    #$10,D0              Signal-Bit für Wait
fc2dee jsr      -318(A6)             Wait();
fc2df2 lea      12(A7),A7            Stack freigeben
fc2df6 movem.l  (A7)+,A1-A0/D1-D0    Register zurückholen
fc2dfa addq.w   #1,14(A0)            ss_NestCount +1
fc2dfe jsr      -138(A6)             Permit()
fc2e02 rts                           Rücksprung
```

ReleaseSemaphore

```
Funktion: ReleaseSemaphore(SignalSemaphore)
                                  A0
Offset:  -570, -$23A, $FDC6
```

Beschreibung

Nachdem ein Task mit ObtainSemaphore() den Zugriff auf eine zu der Semaphore gehörende Einheit genehmigt bekam und somit die Semaphore für sich beansprucht, muß er sie nach Beendigung seiner Tätigkeit wieder freigeben. Durch das Freigeben wird die Übernahme der Semaphore durch einen anderen Task möglich.

Beim Freigeben der Semaphore wird nachgesehen, ob andere Tasks über eine SemaphoreRequest-Struktur in der Warteschlange (Wait-Queue) der Semaphore auf die Freigabe warten. Wenn ja, wird der Task, dessen Anfrage als erstes einging, als Owner-Task eingetragen und dessen SemaphoreRequest-Struktur aus der Liste entfernt. Damit der neue Task seine Arbeit aufnehmen kann, wird ihm zusätzlich ein entsprechendes Signal gesandt.

Parameter

SignalSemaphore
Zeiger auf eine Signal-Semaphore-Struktur.

Dokumentation
A0 = Zeiger auf eine Signal-Semaphore-Struktur.
A6 = Zeiger auf ExecBase.

```
fc2e04 subq.w  #1,14(A0)       ss_NestCount -1
fc2e08 beq.s   $fc2e12         Task hat keinen Zugriff mehr
                               beantragt, Semaphore wird
                               freigegeben
fc2e0a bmi.s   $fc2e50         Fehler, wenn Semaphore
                               freigegeben werden soll,
                               ohne daß sie belegt war
```

Die nächsten zwei Befehle werden nur abgearbeitet, wenn ein Task mehrmals die Semaphore angefordert hat, obwohl sie ihm bereits zugewiesen war.

```
fc2e0c subq.w  #1,44(A0)       ss_QueureCount -1
fc2e10 bra.s   $fc2e4e         Rücksprung

fc2e12 addq.b  #1,295(A6)      TDNestCnt +1 (Forbid())
fc2e16 subq.w  #1,44(A0)       ss_QueueCount -1
fc2e1a blt.s   $fc2e46         Kein Task in Warteliste, Ende

fc2e1c movem.l A1/D1-D0,-(A7)  Register retten
fc2e20 move.l  A0,D1           Zeiger auf Semaphore nach D1
fc2e22 lea     16(A0),A0       Zeiger auf ss_WaitQueue
fc2e26 bsr.l   $fc160e         RemHead() (SemaphoreRequest)
fc2e2a tst.l   D0              War Liste leer?
fc2e2c beq.s   $fc2e50         Ja, Fehler
fc2e2e move.l  D1,A0           Zeiger auf Semaphore nach A0
fc2e30 move.l  D0,A1           Zeiger auf nächste Semaphore-
                               Request-Struktur
fc2e32 move.l  8(A1),A1        Zeiger auf wartenden Task
fc2e36 move.l  A1,40(A0)       Als Owner-Task eintragen
fc2e3a moveq   #$10,D0         Signal-Bit für wartenden Task
fc2e3c jsr     -324(A6)        Signal-Bit an Task senden
                               Task kann seine Arbeit
                               bei $FC2DF2 vortsetzen

fc2e40 movem.l (A7)+,A1/D1-D0  Register zurückholen
fc2e44 bra.s   $fc2e4a         Unbedingter Sprung

fc2e46 clr.l   40(A0)          Zeiger auf Owner-Task löschen
fc2e4a jsr     -138(A6)        Permit()
fc2e4e rts
```

Die folgende Teilroutine wird nur angesprungen, wenn ein Fehler bei der Freigabe aufgetreten ist (z.B. die Freigabe der Semaphore ohne deren zuvorige Belegung).

```
fc2e50 movem.l A6-A5/D7,-(A7)      Register retten
fc2e54 move.l  #$81000008,D7       Guru-Nummer nach D7
fc2e5a move.l  $0004,A6            ExecBase nach A6
fc2e5e jsr     -108(A6)            Guru ausgeben
```

Der folgende Programmteil wird bei der jetzigen Alert-Funktion nie ausgeführt.

```
fc2e62 movem.l (A7)+,A6-A5/D7      Register zurückholen
fc2e66 bra.s   $fc2e4e             Unbedingter Sprung
```

AttemptSemaphore

```
Funktion: Reply = AttemptSemaphore(SignalSemaphore)
                  D0               A0
Offset: -576, -$240, $FDC0
```

Beschreibung

Die Funktion wird benötigt, wenn der Zugriff auf die von der Semaphore verwaltete Einheit nicht unbedingt erforderlich ist, um weiterarbeiten zu können. Es wird nachgesehen, ob die Semaphore belegt ist und eine entsprechende Rückmeldung gemacht. Sollte sie nicht belegt gewesen sein, wird dies von der Funktion erledigt.

Es ist möglich, die Funktion OptainSemaphore() durch folgende Schleife zu ersetzen:

```
         MOVE.L $4,A6
LOOP:
        LEA   SignalSemaphore,A0
        JSR   AttempSemaphore(a6)
        TST.L D0
        BEQ LOOP
```

Ein solches Ersetzen ist jedoch nicht sehr sinnvoll, da hierbei sehr viel Prozessorzeit verlorengeht, die sonst durch die Wait-Funktion eingespart würde.

Parameter

SignalSemaphore
Zeiger auf Signal-Semaphore-Struktur.

Reply
Über den Rückgabewert der Funktion kann bestimmt werden, ob die entsprechende Semaphore frei oder belegt ist.

```
Reply = 0 => Semaphore belegt
Reply = 1 => Semaphore frei zur Benutzung
```

Dokumentation

```
A0 = Zeiger auf Signal-Semaphore-Struktur
A6 = Zeiger auf ExecBase

fc2e68 move.l  276(A6),A1        Zeiger auf eigenen Task
fc2e6c addq.b  #1,295(A6)        TDNestCnt + 1 (Forbid())
fc2e70 addq.w  #1,44(A0)         ss_QueueCount +1
fc2e74 beq.s   $fc2e88           Ok, Semaphore frei
fc2e76 cmpa.l  40(A0),A1         Zugriff schon zuvor genehmigt
fc2e7a beq.s   $fc2e8c           Ja, somit freier Zugriff
fc2e7c subq.w  #1,44(A0)         Sonst Semaphore belegt
fc2e80 jsr     -138(A6)          Permit()
fc2e84 moveq   #$00,D0           Negative Rückmeldung
fc2e86 bra.s   $fc2e96           Rücksprung

fc2e88 move.l  A1,40(A0)         Eigenen Task als Owner
                                 eintragen
fc2e8c addq.w  #1,14(A0)         ss_NestCount +1
fc2e90 jsr     -138(A6)          Permit()
fc2e94 moveq   #$01,D0           Positive Rückmeldung
fc2e96 rts                       Rücksprung
```

ObtainSemaphoreList

```
Funktion: ObtainSemaphoreList(List)
                              A0

Offset:  -582, -$246, $FDBA
```

Beschreibung
Die Funktion arbeitet ähnlich wie ObtainSemaphore, bezieht sich jedoch auf eine ganze Liste von Semaphoren. Die Funktion kehrt erst wieder in das Hauptprogramm zurück, wenn alle in der Liste vermerkten Semaphoren für den Task belegt sind. Hierfür wird die Liste durchsucht und alle freien Semaphoren belegt. Auf die noch belegten

Semaphoren wird mit der Wait-Funktion gewartet, indem die sich innerhalb der Signal-Semaphore-Struktur befindliche Signal-Request-Struktur in die ss_WaitQueue der eigenen Semaphore einreiht. Durch diesen Trick wird das eigene Erstellen der Signal-Request-Struktur umgangen.

Parameter

List
Zeiger auf eine List-Struktur, durch die eine Anzahl von Signal-Semaphore-Strukturen verkettet werden.

Dokumentation
A0 = Zeiger auf die angesprochene List-Struktur.
A6 = Zeiger auf ExecBase.

```
fc2e98 movem.l A3-A2/D2,-(A7)    Register retten
fc2e9c moveq   #$00,D1           Testregister auf Null
fc2e9e move.l  276(A6),A2        Zeiger auf eigenen Task
fc2ea2 addq.b  #1,295(A6)        TDNestCnt +1 (Forbid())
fc2ea6 move.l  A0,A3             Zeiger auf Liste nach A3
fc2ea8 move.l  0(A3),D2          Zeiger auf erste Node

fc2eac move.l  D2,A1             Zeiger auf Node nach A1
fc2eae move.l  (A1),D2           Node (Semaphore) vorhanden?
fc2eb0 beq.s   $fc2edc           Verzweige, wenn List-Ende
fc2eb2 addq.w  #1,44(A1)         ss_QueueCount von Semaphore
                                 erhöhen
fc2eb6 beq.s   $fc2ed2           Springe, wenn erster Zugriff
fc2eb8 cmpa.l  40(A1),A2         Owner-Task = eigener Task
fc2ebc beq.s   $fc2ed6           Zeiger auf Einträge gleich

fc2ebe move.l  A2,36(A1)         Eigenen Task in Warteliste
                                 einreihen
fc2ec2 lea     16(A1),A0         Zeiger auf ss_WaitQueue
fc2ec6 lea     28(A1),A1         Zeiger auf ss_MultipleLink
fc2eca bsr.l   $fc15e8           Funktion: AddTail()
fc2ece moveq   #$01,D1           D1 = 1
fc2ed0 bra.s   $fc2eac           Unbedingter Sprung

fc2ed2 move.l  A2,40(A1)         Eigenen Task als Owner-Task
fc2ed6 addq.w  #1,14(A1)         ss_NestCount +1
fc2eda bra.s   $fc2eac           Unbedingter Sprung

fc2edc tst.l   D1                D1 testen
fc2ede beq.s   $fc2f04           Springe, wenn alle Semaphoren
                                 geholt
fc2ee0 move.l  0(A3),D2          Zeiger auf erste Semaphore in
                                 der Liste
fc2ee4 move.l  D2,A3             D2 nach A3
fc2ee6 move.l  (A3),D2           Zeiger auf nächste Semaphore
fc2ee8 beq.s   $fc2f04           Zeiger auf Liste zu Ende
```

```
fc2eea cmpa.l  40(A3),A2        Semaphore schon geholt?
fc2eee bne.s   $fc2efc          Springe, wenn nicht geholt

fc2ef0 tst.w   14(A3)           War Semaphore benutzt?
fc2ef4 bne.s   $fc2ee4          Verzweige, wenn benutzt
fc2ef6 addq.w  #1,14(A3)        ss_NestCount +1 (Sem. benutzt)
fc2efa bra.s   $fc2ee4          Unbedingter Sprung

fc2efc moveq   #$10,D0          Signal-Bit für Wait setzen
fc2efe jsr     -318(A6)         Wait()
fc2f02 bra.s   $fc2eea          Weiter belegen

fc2f04 jsr     -138(A6)         Permit()
fc2f08 movem.l (A7)+,A3-A2/D2   Register zurückholen
fc2f0c rts                      Rücksprung
```

ReleaseSemaphoreList

```
Funktion: ReleaseSemaphoreList(List)
                               A0
Offset:   -588, -$24C, $FDB4
```

Beschreibung

Die Funktion arbeitet wie ReleaseSemaphore, bezieht sich jedoch auf eine Liste von Semaphoren.

Parameter

List

Zeiger auf eine List-Struktur, in der die zuvor belegten Semaphoren eingetragen sind.

Dokumentation

A0 = Zeiger auf zuvor beschriebene List-Struktur.
A6 = Zeiger auf ExecBase.

```
fc2f0e move.l  D2,-(A7)         D2 retten
fc2f10 move.l  0(A0),D2         lh_Head nach D2
fc2f14 move.l  D2,A0            Zeiger nach A0
fc2f16 move.l  (A0),D2          Zeiger auf Semaphore
fc2f18 beq.s   $fc2f20          Springe, wenn Ende der Liste
fc2f1a jsr     -570(A6)         ReleaseSemaphore()
fc2f1e bra.s   $fc2f14          Unbedingter Sprung
fc2f20 move.l  (A7)+,D2         D2 zurückholen
fc2f22 rts                      Rücksprung
```

AddSemaphore

```
Funktion: AddSemaphore (SignalSemaphore) Fehlerhaft!!

Offset: -600, -$258, $FDA8
```

Beschreibung

Achtung! Die Funktion ist aufgrund eines Fehlers unbrauchbar!

Sie ist dafür gedacht, eine Signal-Semaphore-Struktur zu initialisieren und in die SemaphoreListe der ExecBase-Struktur einzuordnen. Unbrauchbar ist sie, weil der InitSemaphore()-Funktion der Zeiger auf die Semaphore in A0 übergeben, der Enqueure-Funktion jedoch in A1. Es ist nicht möglich, sowohl in A0 als auch in A1 den Zeiger auf die Semaphore-Struktur zu übergeben und sie somit doch zu verwenden, da InitSemaphore() A1 ändert.

Die richtige Funktion muß wie folgt aussehen:

```
ExecBase        EQU 4
TDNestCnt       EQU 295
SemaphoreList   EQU 532

Permit          EQU -138
Enqueue         EQU -270
InitSemaphore   EQU -558
;Parameter:
;A0 = Zeiger auf die Signal-Semaphore-Struktur

    move.l ExecBase,a6
    move.l a0,-(a7)              ;Zeiger auf Semaphore retten
    jsr InitSemaphore(a6)        ;Semaphore initialisieren
    lea SemaphoreList(a6),a0     ;Zeiger auf SemaphoreList
    move.l (a7)+,a1              ;Zeiger auf Semaphore holen
    add.b #1,TDNestCnt(a6)       ;Forbid()
    jsr Enqueue(a6)              ;Semaphore in Liste eintragen
    jsr Permit(a6)               ;Permit()
    rts                          ;Rücksprung
```

Dokumentation der Betriebssystem-Routine: gedacht:

A0 = Zeiger auf Signal-Semaphore-Struktur.
A6 = Zeiger auf ExecBase.

```
fc2f24 jsr     -558(A6)       InitSemaphore()
fc2f28 lea     532(A6),A0     Zeiger auf SemaphoreList
fc2f2c bra.l   $fc1682        Enqueue()
```

RemSemaphore

```
Funktion: RemSemaphore (SignalSemaphore)
                                  A1
Offset:   -606, -$25E, $FDA2
```

Beschreibung

Die Funktion entspricht der Funktion Remove() mit dem Zusatz, daß vor dem Aufruf von Remove die anderen Tasks gesperrt und danach wieder freigegeben werden. Ansonsten siehe Remove().

Parameter

A1 ist der Zeiger auf Signal-Semaphore-Struktur.

Dokumentation

A1 = Zeiger auf die Signal-Semaphore-Struktur.

```
fc2f30 bra.l    $fc168e         Remove()
```

FindSemaphore

```
Funktion: Semaphore = FindSemaphore (SignalSemaphore)
                 D0                          A1
Offset:  -594, -$252, $FD9C
```

Beschreibung

Die Funktion entspricht der Funktion FindName() mit dem Unterschied, daß der Zeiger auf die Liste nicht gesetzt werden muß, siehe FindName().

Parameter

A1 ist ein Zeiger auf die Signal-Semaphore-Struktur.

Dokumentation

A1 = Zeiger auf die Signal-Semaphore-Struktur.

```
fc2f34 lea      532(A6),A0      Zeiger auf SemaphoreList der
                                ExecBase-Struktur
fc2f38 jsr      -276(A6)        FindName()
fc2f3c rts                      Rücksprung
```

2.11.3 Das Beispielprogramm

Das folgende recht komplexe Beispielprogramm ist mit dem Macro Assembler des Amiga-Entwicklungspakets geschrieben worden, der das professionelle Arbeiten mit Macros und Includes sowie lokale Label beinhaltet.

Programmbeschreibung

Das Programm erstellt zwei Tasks, die für ihre verschiedenen Aufgaben dieselben Einträge einer globalen Struktur benutzen. Die Aufgaben der Tasks sind zum besseren Verständnis so einfach wie möglich gehalten (Blinken des Bildschirms und Blinken der LED). Da globale Strukturen des Betriebssystems für eigene Zwecke nicht "mißbraucht" werden können, muß zusätzlich eine solche Struktur erstellt werden. In unserem Fall ist dies eine Resource-Struktur, die den beiden Task-Funktionen eine Speichermöglichkeit für den von ihnen benutzten Zähler zur Verfügung stellt.

Beide Tasks arbeiten mit demselben Zähler, so daß sie sich aufgrund des Multitaskings gegenseitig ihren Zähler "verstellen". Ein ordnungsgemäßer Ablauf beider Tasks wird nur erreicht, wenn sie nicht gleichzeitig, sondern nacheinander auf den Zähler zugreifen. Das heißt, der Zugriff auf den Zähler wird dem zweiten Task solange untersagt, bis der erste seine Arbeit abgeschlossen hat. Zu diesem Zweck wird eine Semaphore eingerichtet und in die Semaphore-Liste der ExecBase-Struktur eingetragen.

Die Aufgabe der Tasks ist es nun, die neu erstellte Resource-Struktur in der Resource-Liste der ExecBase-Struktur und die erstellte Semaphore zu finden. Nachdem dies geschehen ist, wird die Semaphore mit ObtainSemaphore() belegt, woraufhin auf den Zähler zugegriffen werden kann. Nachdem ein Task seine Arbeit erfüllt hat, gibt er die Semaphore für den zweiten Task, der bereits in der Warteliste steht, frei (ReleaseSemaphore()). Die beiden Tasks können sich nicht mehr gegenseitig stören.

Nach der Beendigung ihrer Aufgaben entfernen sich die Tasks selbständig aus dem System. Der für die Tasks benötigte Speicher wird automatisch freigegeben, da er über eine Memory-List-Struktur belegt wurde und diese in "tc_MemEntry" in der Task-Struktur eingetragen ist (siehe Kapitel Multitasking).

Der Speicher, der für die Tasks belegt wurde, wird nach deren Beendigung an das System zurückgegeben. Die Semaphore- sowie die Resource-Strukturen sind jedoch auch nach dem Abschluß noch im System enthalten. Da sie von beiden Tasks gebraucht werden, können sie nur entfernt werden, wenn beide Tasks nicht mehr aktiv sind. Um beide Strukturen zu entfernen, wartet der Prozeß (das geladene Beispielprogramm) auf die Beendigung der Tasks. Zu diesem Zweck wird zusätzlich ein Message-Port für den Prozeß eingerichtet. Hierfür wird die herkömmliche Message-Port-Struktur um eine Message-Struktur erweitert (siehe STRUCTURE MYMP).

Hat ein Task seine Aufgabe erledigt, sendet er die sich innerhalb der Message-Port-Struktur befindliche Message zum Port. Der Vorteil, eine Message innerhalb der Port-Struktur unterzubringen, ist, daß der Task keine eigene Message aufbauen muß, sondern die ihm zur Verfügung gestellte benutzen kann.

Der Prozeß (das geladene Beispielprogramm) wartet mit WaitPort() auf das Eingehen der Nachrichten von den Tasks. Sind beide Nachrichten empfangen - somit beide Tasks beendet - entfernt der Prozeß die von ihm erstellten Semaphore-, Resource- und Message-Port-Strukturen aus dem System.

Hinweise zur Dokumentation:

>= bedeutet, daß das nachstehende Register ein Eingabeparameter ist.
=> signalisiert einen Ausgabeparameter.

Programmbeginn:

```
        include "exec/types.i"
        include "exec/tasks.i"
        include "exec/memory.i"
        include "exec/libraries.i"
        include "exec/initializers.i"
        include "exec/execbase.i"
        include "exec/semaphores.i"

XLIB            MACRO
                XREF _LVO\1
                ENDM
CALLSYS         MACRO
                jsr _LVO\1(a6)
                ENDM
LENCNT          MACRO
                move.l #\1End-\1,d0
                ENDM
```

```
FORBID          MACRO
                addq.b #1,TDNestCnt(a6)
                ENDM

TS_Size1                    EQU 200
TS_Size2                    EQU 200
EntryNum1                   EQU 2
EntryNum2                   EQU 4

  STRUCTURE     MYML,ML_SIZE
                STRUCT ME1,ME_SIZE          ;ME für Task-Struct  1
                STRUCT ME2,ME_SIZE          ;ME für Task-Stack   2
                LABEL MYML_SIZE1
                STRUCT ME3,ME_SIZE          ;ME für Task-Code    3
                STRUCT ME4,ME_SIZE          ;ME für Task-Name    4
                LABEL MYML_SIZE2

  STRUCTURE     MYRES,LIB_SIZE
                LONG Counter
                STRUCT MYR_NAME,20
                LABEL MYR_SIZE

  STRUCTURE     MYMP,MP_SIZE
                STRUCT Message,MN_SIZE
                LABEL MYMP_SIZE

  STRUCTURE     LocalReg,0
                APTR CorrentTask
                APTR TCode
                LABEL LR_SIZE


  STRUCTURE     Global,0
                APTR T1
                APTR T2
                WORD Task_Cnt
                APTR Res
                APTR Semaphore
                APTR SemMemoryList
                APTR Port
                APTR PortMemoryList
                LABEL gl_sizeof
XREF            _AbsExecBase
  XLIB          AddTask
  XLIB          AllocSignal
  XLIB          AddTail
  XLIB          AllocEntry
  XLIB          FreeEntry
  XLIB          AllocMem
  XLIB          FreeMem
  XLIB          MakeLibrary
  XLIB          OpenResource
  XLIB          AddResource
  XLIB          RemTask
  XLIB          InitSemaphore
  XLIB          ObtainSemaphore
```

```
        XLIB    ReleaseSemaphore
        XLIB    FindSemaphore
        XLIB    Enqueue
        XLIB    Remove
        XLIB    Permit
        XLIB    AddPort
        XLIB    WaitPort
        XLIB    PutMsg
        XLIB    GetMsg
        XLIB    FindPort

Start:
                move.l _AbsExecBase,a6
                lea -gl_sizeof(a7),a7

                move.l a7,a5

                lea SemaphoreName(pc),a0
                move.b #0,d0                    ;Pri
                bsr MakeSemaphore
                move.l d0,SemMemoryList(a5)
                bmi Fehler1
                move.l d1,Semaphore(a5)

                bsr MakeResource
                tst.l d0
                beq Fehler2

                lea PortName(pc),a0
                bsr MakePort
                move.l d0,PortMemoryList(a5)
                bmi Fehler3
                move.l d1,Port(a5)

                clr.w Task_Cnt(a5)
                lea TName1,a0                   ;Zeiger auf Namen
                lea TCode1,a1                   ;Zeiger auf Code
                LENCNT TCode1                   ;Länge des Task-Codes
                move.l #TS_Size1,d1             ;StackSize
                bsr MakeTask
                addq.w #1,Task_Cnt(a5)

                lea TName2,a0                   ;Zeiger auf Namen
                lea TCode2,a1                   ;Zeiger auf Code
                LENCNT TCode2                   ;Länge des Task-Codes
                move.l #TS_Size2,d1             ;StackSize
                bsr MakeTask
                addq.w #1,Task_Cnt(a5)

1$:             move.l Port(a5),a0
                CALLSYS WaitPort
                move.l Port(a5),a0
                CALLSYS GetMsg
                subq.w #1,Task_Cnt(a5)
                bne 1$
Ende:
                move.l Port(a5),a1
                CALLSYS Remove
```

```
            move.l PortMemoryList(a5),a0
            CALLSYS FreeEntry
Fehler3:
            move.l Res(a5),a1
            CALLSYS Remove
            move.l Res(a5),a1
            move.l #MYR_SIZE,d0
            CALLSYS FreeMem
Fehler2:
            move.l Semaphore(a5),a1
            CALLSYS Remove
            move.l SemMemoryList(a5),a0
            CALLSYS FreeEntry
Fehler1:
            lea gl_sizeof(a7),a7
            rts

;Task erstellen
;>= A0 = Zeiger auf Task-Namen
;>= A1 = Zeiger auf Task-Code
;>= D0 = Länge vom Task-Code
;>= D1 = Stack-Größe

;=> A0 = Zeiger auf den Task
;=> A1 = Zeiger auf den Task-Code


MakeTask:
            movem.l a2-a5/d2,-(a7)
            lea -LR_SIZE(a7),a7
            move.l a7,a5
            lea -MYML_SIZE2(a7),a7
            move.l a7,a4                    ;Zeiger auf Mem-List-Struct
            move.l a0,a2                    ;Zeiger auf Task-Namen
            move.l a1,a3                    ;Zeiger auf Task-Code

            move.w #EntryNum2,ML_NUMENTRIES(a4)  ;Anzahl der Entries
            lea ML_ME(a4),a0                ;Zeiger auf Entries
            move.l #MEMF_PUBLIC!MEMF_CLEAR,d2
            move.l d2,(a0)+                 ;Req übergeben
            move.l #TC_SIZE,(a0)+           ;Task-Struct-Größe
            move.l d2,(a0)+                 ;Req übergeben
            move.l d1,(a0)+                 ;Stack-Größe
            move.l d2,(a0)+                 ;Req übergeben
            move.l d0,(a0)+                 ;Task-Code
            move.l a2,a1                    ;Zeiger auf Task-Namen
            bsr StrLenCnt                   ;Länge vom Task-Namen =>  D0
            move.l d2,(a0)+                 ;Req übergeben
            move.l d0,(a0)+                 ;Länge von Namen eintragen
            move.l a4,a0
            CALLSYS AllocEntry
            tst.l d0
            bmi MT_Fehler
            move.l d0,a4                    ;Zeiger auf Mem-List
            lea ML_ME(a4),a0                ;Zeiger auf Entries
            move.l (a0)+,a1                 ;Zeiger auf Task
            move.l a1,CorrentTask(a5)
            addq.l #4,a0
```

```
             move.l (a0)+,d0              ;Zeiger auf Stack
             move.l d0,TC_SPLOWER(a1)
             add.l (a0)+,d0               ;Länge von Stack
             move.l d0,TC_SPREG(a1)       ;Obere Grenze vom Stack
             move.l d0,TC_SPUPPER(a1)     ;Obere Grenze vom Stack
             move.l (a0)+,a1              ;Zeiger auf Speicher für T-Code
             move.l a1,TCode(a5)          ;Zeiger retten
             move.l (a0)+,d0              ;Anzahl der Zeichen
             lsr.l #1,d0                  ;Byte zu Wort
3$:          move.w (a3)+,(a1)+           ;T-Code kopieren
             subq.l #1,d0
             bne 3$
             move.l (a0),a1               ;Zeiger auf String-Puffer
             move.l 4(a0),d0
             bra 1$
2$:          move.b (a2)+,(a1)+
1$:          dbf d0,2$
             move.l CorrentTask(a5),a1
             move.l (a0)+,LN_NAME(a1)     ;Zeiger auf Namen eintragen

             addq.l #4,a0
             move.l CorrentTask(a5),a1
             move.b #NT_TASK,LN_TYPE(a1)

             lea TC_MEMENTRY(a1),a0
             NEWLIST A0
             move.l a4,a1                 ;Zeiger auf Mem-List-Struct
             CALLSYS AddTail

             move.l CorrentTask(a5),a1
             move.l TCode(a5),a2
             move.l #0,a3
             CALLSYS AddTask

             move.l TCode(a5),a1
             move.l CorrentTask(a5),a0
MT_Fehler:
             lea LR_SIZE(a7),a7
             lea MYML_SIZE2(a7),a7
             movem.l (a7)+,a2-a5/d2
             rts

;Länge eines mit Null angeschlossenen Strings messen
;>= A1 = Zeiger auf den String
;=> D0 = Länge des Strings
StrLenCnt:
             move.l a1,d0
             beq 1$
             move.l #-1,d0
2$:          tst.b (a1)+
             dbeq d0,2$
             not.l d0
             addq.l #1,d0
1$:          rts

;Erstellt Semaphore und trägt sie in die Semaphore-Liste ein
;>= A0 = Zeiger auf Semaphoren-Namen
;>= D0 = Priorität
```

```
;=> D1 = Zeiger auf Semaphore
;=> D0 = Zeiger auf Mem-List-Struct
;       Bit 31 gesetzt = Fehler

MakeSemaphore:

            movem.l a2-a4/d2,-(a7)
            move.l a0,a3
            move.l d0,d2
            lea -MYML_SIZE1(a7),a7
            move.l a7,a4
            move.w #EntryNum1,ML_NUMENTRIES(a4)
            lea ME1(a4),a0

            move.l #MEMF_PUBLIC!MEMF_CLEAR,d1
            move.l d1,(a0)+
            move.l #SS_SIZE,(a0)+
            move.l a3,a1
            bsr StrLenCnt
            lea ME2(a4),a0
            move.l d1,(a0)+
            move.l d0,(a0)
            move.l a4,a0
            CALLSYS AllocEntry
            movea.l d0,a4
            tst.l d0
            bmi 3$
            move.l ME1(a4),a0
            move.l a0,a2
            move.b #NT_SEMAPHORE,LN_TYPE(a0)
            move.b d2,LN_PRI(a0)
            CALLSYS InitSemaphore
            move.l ME2(a4),a1
            move.l ME2+ME_LENGTH(a4),d0
            move.l a1,LN_NAME(a2)
            move.l a3,a0
            bra 1$
2$:         move.b (a0)+,(a1)+
1$:         dbf d0,2$
            lea SemaphoreList(a6),a0
            move.l a2,a1
            FORBID
            CALLSYS Enqueue
            CALLSYS Permit
            move.l a2,d1
            move.l a4,d0
3$:         lea MYML_SIZE1(a7),a7
            movem.l (a7)+,a2-a4/d2
            rts
MakePort:
;>= A0 = Zeiger auf einen Port-Namen
;=> D0 = Zeiger auf die Mem-List-Stuct
;=> D1 = Zeiger auf den Port

            movem.l a2-a4,-(a7)
            move.l a0,a3
            lea -MYML_SIZE1(a7),a7
            move.l a7,a4
```

```
            move.w #EntryNum1,ML_NUMENTRIES(a4)
            lea ME1(a4),a0

            move.l #MEMF_PUBLIC!MEMF_CLEAR,d1
            move.l d1,(a0)+
            move.l #MYMP_SIZE,(a0)+
            move.l a3,a1
            bsr StrLenCnt
            lea ME2(a4),a0
            move.l d1,(a0)+
            move.l d0,(a0)
            move.l a4,a0
            CALLSYS AllocEntry
            movea.l d0,a4
            tst.l d0
            bmi 3$
            move.l ME1(a4),a0
            move.l a0,a2
            lea MP_MSGLIST(a0),a0
            NEWLIST A0
            move.b #NT_MSGPORT,LN_TYPE(a0)
            move.l #-1,d0
            CALLSYS AllocSignal
            tst.l d0
            bpl 4$
            move.l a4,a0
            CALLSYS FreeEntry
            move.l #-1,d0
            bra 3$
4$:         move.b d0,MP_SIGBIT(a2)

            move.l ThisTask(a6),MP_SIGTASK(a2)
            move.b #PA_SIGNAL,MP_FLAGS(a2)
            move.l ME2(a4),a1
            move.l ME2+ME_LENGTH(a4),d0
            move.l a1,LN_NAME(a2)
            move.l a3,a0
            bra 1$
2$:         move.b (a0)+,(a1)+
1$:         dbf d0,2$
            move.l a2,a1
            CALLSYS AddPort
            move.l a4,d0                    ;Zeiger auf Mem-List
            move.l a2,d1                    ;Zeiger auf Port
3$:         lea MYML_SIZE1(a7),a7
            movem.l (a7)+,a2-a4
            rts

MakeResource:
            move.l a2,-(a7)
            lea FunkTab(pc),a0
            lea ResStruct(pc),a1
            lea ResInit(pc),a2
            move.l #MYR_SIZE,d0
            clr.l d1
            CALLSYS MakeLibrary
            move.l d0,Res(a5)
            beq 1$
```

```
                move.l d0,a1
                move.l d0,a2
                CALLSYS AddResource
                move.l a2,d0
1$:             move.l (a7)+,a2
                rts

ResInit:
                movem.l d0/d2/a2,-(a7)
                move.l d0,d2
                lea ResName(pc),a1
                move.l a1,a2
                bsr StrLenCnt
                move.l d2,a0
                lea MYR_NAME(a0),a1
                move.l a1,LN_NAME(a0)
1$:             move.b (a2)+,(a1)+
                dbf d0,1$

                movem.l (a7)+,d0/d2/a2
                rts

TCode1:
                move.l _AbsExecBase,a6
                lea ResName1(pc),a1
                clr.l d0
                CALLSYS OpenResource
                tst.l d0
                beq 2$
                move.l d0,a2

                lea PortName1(pc),a1
                CALLSYS FindPort
                tst.l d0
                beq 2$
                move.l d0,a3
                lea SemName1(pc),a1
                CALLSYS FindSemaphore
                tst.l d0
                beq 2$
                move.l d0,a0
                move.l a0,a4
                CALLSYS ObtainSemaphore
                clr.l Counter(a2)
1$:             addq.l #1,Counter(a2)
                move.w Counter+2(a2),$dff180
                cmpi.l #$20000,Counter(a2)
                bls 1$
                move.l a4,a0
                CALLSYS ReleaseSemaphore
                move.l a3,a0
                lea Message(a3),a1
                CALLSYS PutMsg

2$:             move.l ThisTask(a6),a1
                CALLSYS RemTask
                rts
```

```
ResName1:   dc.b 'test.resource',0
SemName1:   dc.b 'test.semaphore',0
PortName1:  dc.b 'test.port',0
            CNOP 0,2
TCode1End:

TCode2:
            move.l _AbsExecBase,a6
            lea ResName2(pc),a1
            clr.l d0
            CALLSYS OpenResource
            tst.l d0
            beq 3$
            move.l d0,a2

            lea PortName2(pc),a1
            CALLSYS FindPort
            tst.l d0
            beq 2$
            move.l d0,a4

            lea SemName2(pc),a1
            CALLSYS FindSemaphore
            tst.l d0
            beq 2$
            move.l d0,a3
            move.l a3,a0
            CALLSYS ObtainSemaphore
            clr.l Counter(a2)
1$:         move.l #$10000,d0
2$:         sub.l #1,d0
            bne 2$
            bchg #1,$BFE001
            add.l #1,Counter(a2)
            cmpi.l #10,Counter(a2)
            bne 1$
            move.l a3,a0
            CALLSYS ReleaseSemaphore

            move.l a4,a0
            lea Message(a4),a1
            CALLSYS PutMsg

3$:         move.l ThisTask(a6),a1
            CALLSYS RemTask
            rts

ResName2:   dc.b 'test.resource',0
SemName2:   dc.b 'test.semaphore',0
PortName2:  dc.b 'test.port',0
            CNOP 0,2
TCode2End:

ResStruct:
 INITBYTE   LN_TYPE,NT_RESOURCE
            dc.l 0
```

```
FunkTab:
                dc.l -1

ResName:        dc.b 'test.resource',0
SemaphoreName:
                dc.b 'test.semaphore',0
PortName:       dc.b 'test.port',0
TName1:         dc.b 'Task1',0
TName2:         dc.b 'Task2',0

                END
```

2.12 Die RAM-Library

Mancher von Ihnen wird sich die Vektoren der Exec-Library einmal genauer angesehen haben, wobei er gemerkt hat, daß nicht alle Einsprünge ins ROM weisen, sondern zum Teil in den RAM-Bereich des Amiga. Da die Exec-Library vollständig im ROM abgelegt ist und deshalb nicht nachgeladen werden muß, ist der Einsprung ins RAM auf den ersten Blick recht erstaunlich.

Wie man nach näherem Betrachten feststellt, ist der "Aufenthalt" im RAM-Bereich nicht von großer Dauer, denn von hier aus wird relativ schnell wieder auf das ROM zugegriffen.

Wie auch aus der Kapitelüberschrift leicht zu erraten ist, haben diese RAM-Einsprünge etwas mit der RAM-Library zu tun.

Exec stellt Funktionen zum Öffnen und Schließen von Libraries und Devices zur Verfügung. Diese Exec-Funktionen beziehen sich jeoch nur auf bereits im RAM vorhandene Libraries und Devices. Wer jedoch die entsprechenden Funktionen wie beispielsweise OpenLibrary benutzt, weiß, daß sich mit dieser Funktion auch Libraries aus dem LIBS:-Ordner der Boot-Diskette öffnen lassen (z.B. Diskfont-Library). Beim Laden von Libraries handelt es sich um eine Erweiterung zu der elementaren Exec-Funktion. Solche Erweiterungen sind mit Hilfe der RAM-Library implementiert. Die RAM-Library stellt eine Schnittstelle zwischen den Exec-Basisroutinen und den Erweiterungen dar.

Über Exec wird zuerst in die RAM-Library verzweigt, daraufhin der Zeiger auf die RAM-Library übergeben und in die Erweiterung verzweigt, von der aus über die Vektoren der RAM-Library in die Exec-Basisroutine verzweigt wird.

Folgende Exec-Funktionen verwaltet die RAM-Library:

Offset von RAM-Library	Exec-Funktion
-30, -$1E, $FFE2	AllocMem
-36, -$24, $FFDC	OpenLibrary
-42, -$2A, $FFD6	OpenDevice
-48, -$30, $FFD0	CloseLibrary
-54, -$36, $FFCA	CloseDevice
-60, -$3C, $FFC4	RemLibrary
-66, -$42, $FFBE	RemDevice

Erweiterungen

AllocMem

Bei der AllocMem-Funktion wird, nachdem festgestellt wird, daß nicht genügend Speicher zur Verfügung steht, von der Erweiterung versucht, ungebrauchte Libraries zu entfernen, und erneut geprüft, ob genügend Speicher erreichbar ist.

OpenLibrary

Zusätzlich zur "normalen" OpenLibrary-Funktion wird im LIBS:-Ordner nachgesehen, ob die gewünschte Library vorhanden ist, und gegebenenfalls geladen und geöffnet.

OpenDevice

Die RAM-Library-Funktion arbeitet wie die OpenLibrary-Funktion, aber mit dem Unterschied, daß es sich um ein Device handelt und deshalb im DEVS:-Ordner gesucht werden muß. Für beide Funktionen wird die gleiche Routine mit anderen Übergabeparametern benutzt.

CloseLibrary

Falls eine Library beim Laden von Disk in mehrere Segmente zerlegt wurde, werden diese beim Entfernen der Library freigegeben.

CloseDevice

Die Funktion entspricht der Funktion CloseLibrary, bezieht sich jedoch auf von Disk geladene Devices.

RemLibrary
Die Funktion arbeitet wie die CloseLibrary-Funktion. Sollten mehrere Segmente bestehen, werden alle freigegeben.

RemDevice
Wie RemLibrary, nur für Devices.

Es kann schon an dieser Stelle gesagt werden, daß die RAM-Library kaum für eigene Projekte genutzt werden kann. Wer jedoch von sich behaupten will, seinen Amiga wirklich zu kennen, sollte sich mit dem Aufbau dieser eigentümlichen Library vertraut machen.

Sehen wir uns den Aufbau der RAM-Library einmal genau an. Sie beginnt wie jede normale Library, die von Disk geladen wird.

Offset				
00	$00	struct	Library	Strukur einer Norm-Library
34	$22	APTR	ExecBase	Zeiger auf ExecBase
38	$26	APTR	DosBase	Zeiger auf DosBase
42	$2A	APTR	SegList	Zeiger auf Segmentliste (00)

Erstaunlicherweise folgen nun keine weiteren Dateneintragungen, sondern Programmteile, die von einigen Funktionen der Exec-Library aufgerufen werden.

Einsprung von AllocMem.

```
subq.l  #8,A7           Platz im Stapel schaffen
pea     $fe4dc2         Einsprung für AllocMem
bra.s   Skip1           Ins ROM einspringen
```

Einsprung von Openlibrary.

```
subq.l  #8,A7           Platz im Stapel schaffen
pea     $fe4b62         Einsprung für OpenLibrary
bra.s   Skip1           Ins ROM einspringen
```

Einsprung von OpenDevice.

```
subq.l  #8,A7           Platz im Stapel schaffen
pea     $fe4b76         Einsprung für OpenDevice
bra.s   Skip1           Ins ROM einspringen
```

Einsprung von CloseLibrary.

```
subq.l  #8,A7           Platz im Stapel schaffen
```

```
pea      $fe4d9c                      Einsprung für CloseLibrary
bra.s    Skip1                        Ins ROM einspringen
```

Einsprung von CloseDevice.

```
subq.l   #8,A7                        Platz im Stapel schaffen
pea      $fe4da2                      Einsprung für CloseDevice
bra.s    Skip1                        Ins ROM einspringen
```

Einsprung von RemLibrary.

```
subq.l   #8,A7                        Platz im Stapel schaffen
pea      $fe4dbc                      Einsprung für RemLibrary
bra.s    Skip1                        Ins ROM einspringen
```

Einsprung von RemDevice.

```
subq.l   #8,A7                        Platz im Stapel schaffen
pea      $fe4db6                      Einsprung für RemDevice
bra.s    Skip1                        Ins ROM einspringen
```

Als nächstes folgen wieder zwei Struktureinträge.

```
Offset:

116 $74   BYTE  Flag                  Flag für Expunge (s. Library)
117 $75   BYTE  pad                   Adresse begradigen
```

Hier geht das Programm weiter.

```
Skip1:    move.l a5,8(a7)             A5 retten
          lea    Skip2(PC),A5         Zeiger auf Rücksprung
          move.l A5,4(A7)             Zeiger in Stack eintragen
          lea    RamLib(PC),A5        Zeiger auf RamBase
          rts                         Einsprung in Routine
```

Der folgene Programmteil wird angesprungen, wenn die Hauptroutine ein RTS ausführt.

```
Skip2:    move.l  (A7)+,A5            A5 zurückholen
          rts                         zurück zu Exec
```

Ab hier folgen nur noch Struktureinträge.

```
Offset:

140 $8C   APTR HelpOpenLib            Zeiger auf Hilfsroutine für
                                      OpenLibrary
144 $90   APTR LibList                Zeiger auf Lib-Liste von Exec
148 $94   APTR LibString              Zeiger auf String "LIBS:" für
```

		Laden von Libraries
152 $98	APTR HelpOpenDev	Zeiger auf Hilfsroutine für Open Device
156 $9C	APTR DevList	Zeiger aud Dev-Liste von Exec
160 $A0	APTR DevSring	Zeiger auf String "DEVS:" für Laden von Devices
164 $A4	struct List	List-Struktur für ???

Da die Funktion zur Library- und Device-Berabeitung nahezu identisch sind, werden hierzu auch die gleichen Routinen mit unterschiedlichen Parametern aufgerufen.

2.13 Die ExecBase-Struktur

Die ExecBase-Struktur ist die Hauptstruktur von Exec, in der alle wichtigen Parameter vermerkt sind, z.B. welcher Task gerade läuft. Die Basisadresse der Struktur ist gleichzeitig die Basisadrsse der Exec-Library und läßt sich folglich aus C heraus mit SysBase adressieren. SysBase ist eine standardisierte Variable, mit der sich die Position der Exec-Library ermitteln läßt.

Um aus Assembler auf die Struktur zugreifen zu können, muß man erst ihre Basisadresse bestimmen, die immer in Speicherstelle $000004 abgelegt ist.

Mit move.l $4,a6 wird A6 die Basisadresse der Exec-Library bzw. der ExecBase-Struktur übergeben.

Da diese Struktur beim Einschalten von der Reset-Routine initialisiert wird, ist ihre Basisadresse immer gleich. Eine Verschiebung kommt nur zustande, wenn die Größe oder die Lage des RAM-Speichers verändert wird. Nach dieser Veränderung ist ihre Position aber wiederum immer konstant.

Bei einem Amiga mit 512 KB RAM ist die Position der ExecBase-Struktur, sofern Kickstart-Version 1.2 verwendet wird, $676. Beim Ausbau auf 1 MB verschiebt sich die ExecBase-Struktur auf $C00276, was jedoch nur stimmt, wenn das zusätzliche RAM ab $C00000 liegt.

Die Struktur hat folgendes Aussehen:

Offset DEZ	HEX	Adresse für 512KB	1MB	
				struct ExecBase {
0	$000	$676	$C00276	struct Library LibNode;
34	$022	$698	$C00298	UWORD SoftVer;
36	$024	$69A	$C0029A	WORD LowMemChkSum;
38	$026	$69C	$C0029C	ULONG ChkBase;
42	$02A	$6A0	$C002A0	APTR ColdCapture;
46	$02E	$6A4	$C002A4	APTR CoolCapture;
50	$032	$6A8	$C002A8	APTR WarmCapture;
54	$036	$6AC	$C002AC	APTR SysStkUpper;
58	$03A	$6B0	$C002B0	APTR SysStkLower;
62	$03E	$6B4	$C002B4	ULONG MaxLocMem;
66	$042	$6B8	$C002B8	APTR DebugEntry;
70	$046	$6BC	$C002BC	APTR DebugData;
74	$04A	$6C0	$C002C0	APTR AlertData;
78	$04E	$6C4	$C002C4	APTR MaxExtMem;
82	$052	$6C8	$C002C8	UWORD ChkSum;
				struct IntVector IntVects[16];
84	$054	$6CA	$C002CA	Serielle Ausgabe Pri1
96	$060	$6D6	$C002D6	Disk Block Pri1
108	$06C	$6E2	$C002E2	Soft-Interrupt Pri1
120	$078	$6EE	$C002EE	CIAA Pri2
132	$084	$6FA	$C002FA	Copper Pri3
144	$090	$706	$C00306	Rasterstrahl Pri3
156	$09C	$712	$C00312	Blitter fertig Pri3
168	$0A8	$71E	$C0031E	Audiokanal0 Pri4
180	$0B4	$72A	$C0032A	Audiokanal1 Pri4
192	$0C0	$736	$C00336	Audiokanal2 Pri4
204	$0CC	$742	$C00342	Audiokanal3 Pri4
216	$0D8	$74E	$C0034E	Serielle Eingabe Pri5
228	$0E4	$75A	$C0035A	Disksynchronisation Pri5
240	$0F0	$766	$C00366	CIAB Pri6
252	$0FC	$772	$C00372	Interner Interrupt Pri6
264	$108	$77E	$C0037E	NMI Pri7
276	$114	$78A	$C0038A	struct Task *ThisTask;
280	$118	$78E	$C0038E	ULONG IdleCount;
284	$11C	$792	$C00392	ULONG DispCount;
288	$120	$796	$C00396	UWORD Quantum;
290	$122	$798	$C00398	UWORD Elapsed;
292	$124	$79A	$C0039A	UWORD SysFlags;
294	$126	$79C	$C0039C	BYTE IDNestCnt;
295	$127	$79D	$C0039D	BYTE TDNestCnt;
296	$128	$79E	$C0039E	UWORD AttnFlags;
298	$12A	$7A0	$C003A0	UWORD AttnResched;
300	$12C	$7A2	$C003A2	APTR ResModules;
304	$130	$7A6	$C003A6	APTR TaskTrapCode;
308	$134	$7AA	$C003AA	APTR TaskExceptCode;
312	$138	$7AE	$C003AE	APTR TaskExitCode;
316	$13C	$7B2	$C003B2	ULONG TaskSigAlloc;
320	$140	$7B6	$C003B6	UWORD TaskTrapAlloc;
322	$142	$7B8	$C003B8	struct List MemList;
336	$150	$7C6	$C003C6	struct List ResourceList;
350	$15E	$7D4	$C003D4	struct List DeviceList;
364	$16C	$7E2	$C003E2	struct List IntrList;
378	$17A	$7F0	$C003F0	struct List LibList;
392	$188	$7FE	$C003FE	struct List PortList;
406	$196	$80C	$C0040C	struct List TaskReady;

```
420   $1A4   $81A   $C0041A   struct List TaskWait;
434   $1B2   $828   $C00428   struct SoftIntList
                              SoftInts[5];
514   $202   $878   $C00478   LONG   LastAlert[4];
530   $212   $888   $C00488   UBYTE  VBlankFrequency;
531   $213   $889   $C00489   UBYTE  PowerSupplyFrequency;
532   $214   $88A   $C0048A   struct List SemaphoreList;
546   $222   $898   $C00498   APTR   KickMemPtr;
550   $226   $89C   $C0049C   APTR   KickTagPtr;
554   $22A   $8A0   $C004A0   APTR   KickCheckSum;
558   $22E   $8A4   $C004A4   UBYTE  ExecBaseReserved[10];
568   $22F   $8AE   $C004AE   UBYTE  ExecBaseNew-
                                     Reserved[20];
                              };
#define SYSBASESIZE ((long)sizeof(struct ExecBase))

#define AFB_68010 0L
#define AFB_68020 1L
#define AFB_68881 4L
#define AFF_68010 (1L<<0)
#define AFF_68020 (1L<<1)
#define AFF_68881 (1L<<4)
#define AFB_RESERVED8 8L
#define AFB_RESERVED9 9L
```

LibNode *Offset 0*

Die Library-Struktur der Exec-Library, mit einer positiven Größe von $24C und einer negativen Größe von $276 Bytes. Anhand der positiven Größe kann man sehen, daß die ExecBase-Struktur in Wirklichkeit eine etwas groß geratene Library-Struktur ist.

SoftVer *Offset 34*

LowMemChkSum *Offset 36*

Kann vom Programmierer verwendet werden, um die Prüfsumme, die über den Bereich von Offset 34 bis 78 berechnet wird, auszugleichen, falls eigene Vektoren eingefügt wurden. Wie die eigentliche Prüfsumme berechnet wird, kann man sich ChkSum (Offset 82) sehen.

ChkBase *Offset 38*

Wird gebraucht, um die Position von EexecBase beim Reset zu überprüfen. Die Position von Execbase wird zu ChkBase addiert, worauf das Ergebnis $FFFFFFFF sein muß. Ist dies nicht der Fall, muß es zu einem größeren Fehler gekommen sein, weshalb die ExecBase-Struktur

besser neu erstellt werden sollte. Ansonsten wird Zeit gespart und versucht, die Struktur nicht vollständig zu initialisieren.

ColdCapture *Offset 42*
Vektor, der vom Programmierer benutzt werden kann, um während eines Resets in eine eigene Routine zu verzweigen. Ist der Vektor nicht benutzt, so steht er auf Null. Von der Resetroutine wird erkannt, ob der Vektor gesetzt wurde, und in die angegebene Routine verzweigt. In A5 wird die Rücksprungadresse abgelegt. Vor dem Einsprung über den Vektor wird dieser automatisch wieder auf Null gesetzt. Bis zu diesem Zeitpunkt ist bis auf das Sperren der Interrupts und des DMA-Zugriffs noch nichts Nennenswertes passiert. Man sollte bei der eigenen Routine keine Operationen durchführen, die mit dem Stapel arbeiten, da dieser noch nicht korrekt initialisiert ist. Das ist auch der Grund, warum der Rücksprung in A5 übergeben und die Routine nicht über einen JSR aufgerufen wird.

CoolCapture *Offset 46*
Kann auch genutzt werden, um aus dem Reset in eine eigene Routine zu verzweigen. Der Unterschied zwischen ColdCapture und CoolCapture besteht darin, daß CoolCapture zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt die eigene Routine aufruft. CoolCapture wird nicht von der Reset-Routine zurückgesetzt. Da der Stapel, der Speicher, die Exception-Tabelle und die Exec-Library hier schon initialisiert sind, ist der Vektor für die meisten Anwendungen besser geeignet als der ColdCapture-Vektor. Aus der eigenen Routine kann mit RTS wieder in der Reset-Routine eingesprungen werden.

WarmCapture *Offset 50*
Reset-Vektor, über den jedoch unseres Wissens nicht gesprungen wird.

SysStkUpper *Offset 54*
Die oberste Grenze des Supervisor-Stacks.

SysStkLower *Offset 58*
Die untere Grenze des Supervisor-Stacks.

MaxLocMem *Offset 62*

Maximal erreichbarer Chip-Memory-Bereich an, also 512 KB oder $80000 Bytes.

DebugEntry *Offset 66*

Zeiger auf den Einsprung in den Debugger des Amiga.

DebugData *Offset 70*

Zeiger auf den Datenpuffer des Debuggers (Null).

AlertData *Offset 74*

MaxExtMem *Offset 78*

Oberste Grenze des zur Verfügung stehenden Speichers. Mit einer Speichererweiterung auf 1 MB ist dies $C80000.

ChkSum *Offset 82*

Prüfsumme über den Bereich von Offset 34 bis 78 und wird vor dem Einsprung in ColdCapture geprüft. Wenn eigene Vektoren in diesem Bereich eingebunden werden, muß die Prüfsumme neu berechnet oder in LowChkSum ausgeglichen werden. Die Prüfsumme berechnet sich wie folgt:

```
fc0440 lea      34(A6),A0          Zeiger auf Anfang setzen
fc0444 move.w   #$0016,D0          Anzahl der Worte -1 in Zähler
fc0448 add.w    (A0)+,D1           Worte addieren
fc044a dbf      D0,$fc0448         Zähler verringern
fc044e not.w    D1                 Negieren und
fc0450 move.w   D1,82(A6)          in ChkSum speichern
```

IntVects[0] *Offset 84*

Interrupt bei serieller Ausgabe. Nach Reset nicht initialisiert.

IntVects[1] *Offset 96*

Interrupt bei Beendigung der Übertragung des Diskblocks. Nach Reset ist dies ein Interrupt-Handler.

IntVects[2] *Offset 108*
Soft-Interrupt. Für genauere Beschreibung siehe Kapitel 2.6

IntVects[3] *Offset 120*
CIAA-Interrupt. Nach Reset dient der Interrupt hauptsächlich zur Tastaturabfrage (Interrupt-Server).

IntVects[4] *Offset 132*
Copper-Interrupt.

IntVects[5] *Offset 144*
Interrupt, der ausgelöst wird, wenn der Rasterstrahl Rasterzeile Null passiert. Der Interrupt ist auch das Taktsignal für das Task-Switching (Interrupt-Server).

IntVects[6] *Offset 156*
Der Interrupt wird ausgelöst, wenn der Blitter mit seiner Arbeit fertig ist (Interrupt-Handler).

IntVects[7] *Offset 168*
Audiokanal 0 (Interrupt-Handler).

IntVects[8] *Offset 180*
Audiokanal 1 (Interrupt-Handler).

IntVects[9] *Offset 192*
Audiokanal 2 (Interrupt-Handler).

IntVects[10] *Offset 204*
Audiokanal 3 (Interrupt-Handler).

IntVects[11] *Offset 216*
Der Interrupt wird ausgelöst, wenn eine serielle Eingabe erfolgt ist (nach Reset nicht initialisiert).

IntVects[12] *Offset 228*
Wird bei Synchronisation der Diskette ausgelöst (Interrupt-Handler).

IntVects[13] *Offset 240*
Wird bei Interrupt von CIAB ausgelöst (Interrupt-Server).

IntVects[14] *Offset 252*
Kann nur softwaremäßig ausgelöst werden (n. Reset nicht initialisiert).

IntVects[15] *Offset 264*
Nicht maskierbarer Interrupt. Der Interrupt wird zwar nicht verwendet, ist jedoch als Interrupt-Server initialisiert.

**ThisTask* *Offset 276*
Zeiger auf die Task-Struktur, die gerade bearbeitet wird. Den Zeiger auf diese Task-Struktur kann man nicht mit einem Programm, das in einem Task läuft, auslesen und sinnvolle Werte erhalten, da man immer den Zeiger auf die eigene Task-Struktur erhält. Die einzige Möglichkeit, die man hat, sinnvolle Werte zu erhalten, besteht darin, den Wert aus einem Interrupt zu lesen. Hierfür bietet sich der Interrupt 5 (Rasterstrahl) an.

idleCount *Offset 280*

DispCount *Offset 284*

Quantum *Offset 288*

Elapsed *Offset 290*

SysFlags *Offset 292*
In diesem Flag werden für das System wichtige Bits gesetzt.
Bit 5: 0 = Soft-Interrupt nicht erlaubt, 1 = erlaubt.

IDNestCnt *Offset 294*
Gibt an, ob Interrupts erlaubt sind. Steht IDNestCnt auf $FF (-1) sind Interrupts erlaubt, ansonsten wurden sie mit der Disable-Funktion gesperrt. Jedesmal, wenn die Disable-Funktion aufgerufen wird, wird IDNestCnt um eins erhöht. Bei der Enable-Funktion wird IDNestCnt wieder verringert. Erst wenn IDNestCnt auf -1 steht, werden die Interrupts wieder ermöglicht (das Master-Bit wird wieder gesetzt).

TDNestCnt *Offset 295*
Gibt an, ob die Forbid-Funktion aufgerufen wurde. Wurde sie aufgerufen, so wird TDNestCnt um eins erhöht. Das Umschalten zu einem anderen Task ist erlaubt, wenn TDNestCnt nicht auf -1 steht. Durch die Permit-Funktion wird TDNestCnt wieder herabgezählt und auch das Umschalten auf einen anderen Task wieder ermöglicht, sofern TDNestCnt wieder auf -1 steht.

AttnFlags *Offset 296*
Gibt an, welche Prozessoren angeschlossen sind:

```
#define AFF_68010 (1L<<0)
#define AFF_68020 (1L<<1)
#define AFF_68881 (1L<<4)
```

AttnResched *Offset 298*

Resmodules *Offset 300*
Zeiger auf resistente Module. Dies sind Strukturen, über die Routinen von einer Routine ab $fC0AF0 aufgerufen werden. Die Module werden bei einem Reset aufgerufen. Es steht auch eine Funktion zur Verfügung, mit der sich diese Module nach ihren Namen suchen lassen. Sie nennt sich FindResident.

TaskTrapCode *Offset 304*

TaskExceptCode *Offset 308*

TaskExitCode *Offset 312*

TaskSigAlloc *Offset 316*

TaskTrapAlloc *Offset 320*

MemList *Offset 322*
Zeiger auf die Speicherliste, wo verzeichnet ist, welcher Speicherbereich frei oder belegt ist.

ResourceList *Offset 336*
List-Struktur, in der die Resource-Strukturen verkettet sind.

DeviceList *Offset 350*
List-Struktur, in der die Resource-Strukturen verkettet sind.

IntList *Offset 364*
Wird nicht verwendet.

LibList *Offset 378*
List-Struktur, in der die Library-Strukturen verkettet sind.

PortList *Offset 392*
List-Struktur, in der die Port-Strukturen verkettet sind.

TaskReady *Offset 406*
List-Struktur, in der die Task-Strukturen verkettet sind, die zur Zeit auf "Ready" stehen.

TaskWait *Offset 420*
List-Struktur, in der die Task-Strukturen verkettet sind, die zur Zeit auf "Wait" stehen.

SoftInts[0] *Offset 434*
List-Struktur, in der die Soft-Interrupts verkettet sind, die zur Zeit auf ihre Abarbeitung warten und die Priorität -32 haben.

SoftIns[1] *Offset 450*
List-Struktur, in der die Soft-Interrupts verkettet sind, die zur Zeit auf ihre Abarbeitung warten und die Priorität -16 haben.

SoftIns[2] *Offset 466*
List-Struktur, in der die Soft-Interrupts verkettet sind, die zur Zeit auf ihre Abarbeitung warten und die Priorität 0 haben.

SoftIns[3] *Offset 482*
List-Struktur, in der die Soft-Interrupts verkettet sind, die zur Zeit auf ihre Abarbeitung warten und die Priorität +16 haben.

SoftIns[4] *Offset 498*
List-Struktur, in der die Soft-Interrupts verkettet sind, die zur Zeit auf ihre Abarbeitung warten und die Priorität +32 haben.

LastAlert[4] *Offset 514*
Hier werden die Daten für den Alert zwischengespeichert, nachdem sie von der Reset-Routine geholt wurden.

VBlankFrequency *Offset 530*
Frequenz des Rasterstrahls, der ein Bild aufbaut. (50Hz).

PowerSupplyFrequency *Offset 531*
Frequenz der Netzspannung, mit der der Amiga versorgt wird (50Hz).

SemaphoreList *Offset 532*
List-Struktur, in der alle Semaphore-Strukturen, sofern sie benutzt werden, verkettet sind.

KickMemPtr *Offset 546*
Zeiger auf eine MemList-Struktur, deren Speicher bei einem Reset wieder belegt wird.

KickTagPtr *Offset 550*
Zeiger auf eine Resident-Tabelle, die bei der Erstellung der Haupt-Resident-Tabelle eingebunden wird.

KickCheckSum *Offset 554*
Prüfsumme, die durch die Funktion SumKickData() berechnet wied.

ExecBaseReserved[10] *Offset 558*
10 Bytes, die für die ExecBase-Struktur reserviert sind, um Exec die Möglichkeit zu geben, beliebige Werte dort zu speichern (n. genutzt).

ExecBaseNewReserved[20] *Offset 568*
20 Bytes, die für die ExecBase-Struktur reserviert sind, um Exec die Möglichkeit zu geben, beliebige Werte dort zu speichern (n. genutzt).

2.14 Reset-Routine und resetfeste Programme

In diesem Kapitel wird der Frage nachgegangen, wie die Reset-Routine genau abläuft, wie die Speichergröße bestimmt wird und ob es möglich ist, resetfeste Programme zur schreiben.

2.14.1 Dokumentation der Reset-Routine

```
fc00d2 lea      $040000,A7              Stack-Pointer setzen
fc00d8 move.l   #$00020000,D0           Wert für Warteschleife
fc00de subq.l   #1,D0                   Wert verringern
fc00e0 bgt.s    $fc00de                 Verzweige, wenn nicht abgezählt
fc00e2 lea      -228(PC)(=$fc0000),A0   Zeiger auf Kickstart-
                                        ROM setzen
```

```
fc00e6 lea     $f00000,A1            Vergleichswert laden
fc00ec cmpa.l  A1,A0                 Liegt Reset ab $F00000
fc00ee beq.s   $fc00fe               Verzweige, wenn ja
fc00f0 lea     12(PC)(=$fc00fe),A5   Zeiger auf Programm-
                                     fortsetzung stellen
fc00f4 cmpi.w  #$1111,(A1)           Liegt ab $F00000 Modul?
fc00f8 bne.s   $fc00fe               Verzweige, wenn nein
fc00fa jmp     2(A1)                 Sonst einspringen
fc00fe move.b  #$03,$bfe201          Port auf Ausgang schalten
fc0106 move.b  #$02,$bfe001          LED ausschalten
fc010e lea     $dff000,A4            Zeiger auf Chip-Adressen
fc0114 move.w  #$7fff,D0             Wert laden
fc0118 move.w  D0,154(A4)            Alle Interrupts sperren
fc011c move.w  D0,156(A4)            Interrupt-Anfragen löschen
fc0120 move.w  D0,150(A4)            DMA-Zugriff sperren
fc0124 move.w  #$0200,256(A4)
fc012a move.w  #$0000,272(A4)
fc0130 move.w  #$0444,384(A4)        Farbe setzen
fc0136 move.w  #$0008,A0             Zeiger auf Exceptions setzen
fc013a move.w  #$002d,D1             Zähler für Anzahl der Vektoren
fc013e lea     1140(PC)(=$fc05b4),A1 Zeiger auf Harderror
                                     Routine setzen
fc0142 move.l  A1,(A0)+              Exceptions eintragen
fc0144 dbf     D1,$fc0142            Verzweige, wenn nicht fertig
fc0148 bra.l   $fc30c4               Guru prüfen
```

Prüfen, ob Reset durch Guru entstanden, falls ja, Guru-Nummer in D7 und Memory-Ptr. in D6 übernehmen. Ansonsten wird in D6 $FFFFFFFF geladen. Daraufhin wird der Reset weitergeführt.

```
fc014c move.l  $0004,D0              ExecBase holen
fc0150 btst    #0,D0                 ExecBase auf gerader Adresse?
fc0154 bne.s   $fc01ce               Fehler, wenn ungerade
fc0156 move.l  D0,A6                 Execbase nach D0
fc0158 add.l   38(A6),D0             ChkBase hinzuaddieren
fc015c not.l   D0                    Ergebnis invertieren
fc015e bne.s   $fc01ce               Verzweige, wenn Fehler
```

Der Fehler tritt auf, wenn der Zeiger auf die ExecBase-Struktur falsch ist.

```
fc0160 moveq   #$00,D1               D1 für Prüfsumme löschen
fc0162 lea     34(A6),A0             Zeiger auf ChkBase stellen
fc0166 moveq   #$18,D0               Wert für Schleifen-Zähler
fc0168 add.w   (A0)+,D1              Prüfsumme bilden
fc016a dbf     D0,$fc0168            Verzweige, bis Summe gebildet
fc016e not.w   D1                    Ergebnis invertieren
fc0170 bne.s   $fc01ce               Fehler, wenn nicht Null
fc0172 move.l  42(A6),D0             ColdCapture nach D0
fc0176 beq.s   $fc0184               Verzweige, wenn nicht gesetzt
fc0178 move.l  D0,A0                 Pointer nach A0
fc017a lea     8(PC)(=$fc0184),A5    Zeiger auf Fortsetzung
fc017e clr.l   42(A6)                ColdCapture löschen
fc0182 jmp     (A0)                  Einspringen
fc0184 bchg    #1,$bfe001            LED anschalten
```

```
fc018c move.l  -382(PC)(=$fc0010),D0   Kick.-Version mit
fc0190 cmp.l   20(A6),D0               der der Execlib. vergleichen
fc0194 bne.s   $fc01ce                 Fehler, wenn Versionen ungleich
fc0196 move.l  62(A6),A3               Obere Grenze des Chip-Memory
fc019a cmpa.l  #$00080000,A3           512 KB Chip-Memory?
fc01a0 bhi.s   $fc01ce                 Fehler, wenn größer
fc01a2 cmpa.l  #$00040000,A3           256 KB Chip-Memory?
fc01a8 bcs.s   $fc01ce                 Fehler, wenn kleiner
fc01aa move.l  78(A6),A4               MaxExtMem nach A4
fc01ae move.l  A4,D0                   Prüfe ob externer Speicher da
fc01b0 beq.l   $fc0240                 Verzweige, wenn nicht vorhanden
fc01b4 cmpa.l  #$00dc0000,A4           Obere Grenze bei $DC0000?
fc01ba bhi.s   $fc01ce                 Fehler, wenn höher
fc01bc cmpa.l  #$00c40000,A4           Obere Grenze bei $C40000?
fc01c2 bcs.s   $fc01ce                 Fehler, wenn niedriger
fc01c4 move.l  A4,D0                   Unsinnig, da A4 = D0
fc01c6 andi.l  #$0003ffff,D0           Liegt Grenze auf glatter Adr.?
fc01cc beq.s   $fc0240                 Ja, sonst Fehler
```

Hier beginnt der Teil der Routine, der nur angesprungen wird, wenn etwas mit der Initialisierung der vorgefundenen ExecBase-Struktur nicht stimmt. Sie muß folglich neu initialisiert werden.

```
fc01ce lea     $0400,A6                Unterster mögliche RAM-Bereich
fc01d2 suba.w  #$fd8a,A6               Adresse von ExecBase bestimmen,
                                       für den Fall, daß kein Fast-Mem.
fc01d6 lea     $c00000,A0              Unterster Fast-Mem-Bereich
fc01dc lea     $dc0000,A1              Oberste mögliche RAM-Grenze
fc01e2 lea     6(PC)(=$fc01ea),A5      Zeiger auf Fortsetzung
fc01e6 bra.l   $fc061a                 Obere Speichergrenze holen
```

In der hier aufgerufenen Routine wird festgestellt, wo die obere Grenze des Fast-RAM liegt. Sie übergibt den Zeiger auf das RAM-Ende in A4. Steht kein Fast-RAM zur Verfügung, wird eine Null in A4 zurückgegeben. Diese Selbsterkennung des Fastmemory funktioniert jedoch nur, wenn das RAM auch ab $C00000 liegt. Für die Besitzer eines Amiga 1000 bietet sich die Möglichkeit, durch Änderung der Kickstart-Diskette eine RAM-Erweiterung, die nicht ab $C00000 liegt, autokonfigurierend arbeiten zu lassen.

```
fc01ea move.l  A4,D0                   Fast-RAM vorhanden?
fc01ec beq.s   $fc0208                 Verzweige, wenn nicht vorhanden
fc01ee move.l  #$00c00000,A6           Untere Grenze nach A6
fc01f4 suba.w  #$fd8a,A6               Position von ExecBase ermitteln
fc01f8 move.l  A4,D0                   Obere Grenze nach D0
fc01fa lea     $c00000,A0              Untere Grenze nach A0
fc0200 lea     6(PC)(=$fc0208),A5      Zeiger auf Fortsetzung
fc0204 bra.l   $fc0602                 Speicher löschen
```

In der Routime wird der Fast-Memory-Bereich mit Nullen aufgefüllt.

```
fc0208 lea     $0000,A0                Unterste RAM-Grenze
fc020c lea     $200000,A1              Oberste Grenze des zusammen-
                                       hängenden Speichers
fc0212 lea     6(PC)(=$fc021a),A5      Zeiger auf Fortsetzung
fc0216 bra.l   $fc0592                 Untere Speichergröße holen
```

Der untere Speicherbereich darf im Bereich von $0000 bis $200000 liegen. In der Routine wird geprüft, wie groß der untere zusammenhängende Speicher ist. Die Speichergröße wird in A3 zurückgegeben.

```
fc021a cmpa.l  #$00040000,A3           Bereich kleiner 256 KB?
fc0220 bcs.s   $fc0238                 Ja, dann Fehler, Hard-Reset
fc0222 move.l  #$00000000,$0000        $0000 löschen
fc022a move.l  A3,D0                   Obere Speichergrenze nach D0
fc022c lea     $00c0,A0                Untere Grenze festlegen
fc0230 lea     14(PC)(=$fc0240),A5     Zeiger auf Fortsetzung
fc0234 bra.l   $fc0602                 Unteren Speicher löschen
```

Die Routine wurde bereits für das Löschen des Fast-RAM benutzt. Sie löscht den Bereich von $00C0 bis zur oberen Speichergrenze des unteren zusammenhängenden Speichers.

```
fc0238 move.w  #$00c0,D0               Bildfarbe bei Reset
fc023c bra.l   $fc05b8                 Hard-Reset (LED 11*Blinken)
```

Bei diesem Reset-Einsprung blinkt die LED elfmal auf, worauf in das Boot-ROM eingesprungen und der Reset erneut gestartet wird. Zu dieser Routine wird auch verzweigt, wenn eine Exception-Bedingung während des ersten Teils des Resets auftritt.

```
fc0240 lea     $dff000,A0              Zeiger auf Chip-Adressen
fc0246 move.w  #$7fff,150(A0)          DMA-Zugriffe sperren
fc024c move.w  #$0200,256(A0)
fc0252 move.w  #$0000,272(A0)
fc0258 move.w  #$0888,384(A0)          Bildfarbe setzen
fc025e lea     84(A6),A0               Zeiger auf ersten IntVector
fc0262 movem.l 546(A6),D4-D2           KickMemPrt, KickTagPrt,
                                       KickCheckSum speichern
fc0268 moveq   #$00,D0                 D0 löschen
fc026a move.w  #$007d,D1               Zähler setzen
fc026e move.l  D0,(A0)+                Von A0 ab ExecBase löschen
fc0270 dbf     D1,$fc026e              Verzweige, wenn nicht fertig
fc0274 movem.l D4-D2,546(A6)           KickMemPrt, KickTagPrt und
                                       KickCheckSum setzen
fc027a move.l  A6,$0004                ExecBase Zeiger setzen
fc027e move.l  A6,D0                   Zeiger nach D0
fc0280 not.l   D0                      ChkBase berechnen
fc0282 move.l  D0,38(A6)               ChkBase eintragen
fc0286 move.l  A4,D0                   Oberste RAM-Grenze nach D0
fc0288 bne.s   $fc028c                 Verzweige, wenn Fast-RAM zur
                                       Verfügung steht
fc028a move.l  A3,D0                   Sonst obere Chip-RAM-Grenze
fc028c move.l  D0,A7                   Als System-Stack setzen
```

```
fc028e move.l  D0,54(A6)            und eintragen
fc0292 subi.l  #$00001800,D0        Länge des Stacks abziehen
fc0298 move.l  D0,58(A6)            und als untere Grenze setzen
fc029c move.l  A3,62(A6)            Grenze des Chip-RAM setzen
fc02a0 move.l  A4,78(A6)            Grenze des Fast-RAM setzen
fc02a4 bsr.l   $fc30e4              Last Alert eintragen
```

Die Werte, die bei $FC0148 geholt und in D6 und D7 gespeichert wurden, wieder an den dafür vorgesehenen Platz (LastAlert (Offset 514)) schreiben.

```
fc02a8 bsr.l   $fc0546              Prozessor-Test
```

Die Routine testet, welche Prozessoren angeschlossen sind. Erkannt wird: 68000, 68010, 68020, 68881. Entsprechend der erkannten Prozessoren werden die Bits in D0 gesetzt

```
fc02ac or.w    D0,296(A6)           Bits in AttnFlags setzen
fc02b0 lea     32(PC)(=$fc02d2),A1  Zeiger auf Tabelle

fc02b4 move.w  (A1)+,D0             Offset nach D0
fc02b6 beq.l   $fc033e              Ende, wenn kein Offset mehr
fc02ba lea     0(A6,D0.W),A0        Zeiger auf Position setzen
fc02be move.l  A0,(A0)              Listenkopf eintragen
fc02c0 addq.l  #4,(A0)              Auf lh_Tail zeigen lassen
fc02c2 clr.l   4(A0)                lh_Tail löschen
fc02c6 move.l  A0,8(A0)             lh_TainPred setzen
fc02ca move.w  (A1)+,D0             lh_Type holen
fc02cc move.b  D0,12(A0)            und setzen
fc02d0 bra.s   $fc02b4              Unbedingter Sprung
```

Die soeben beschriebene Teilroutine trägt folgende List-Strukturen wieder in ExecBase ein:

```
MemList
ResourceList
DeviceList
LibList
PortList
TaskReady
TaskWait
InterList
SoftIntList (alle 5)
SemaphoreList

          fc02d2
             .
             .
```

Tabellen für die Erstellung der Listen

```
        .
        .
        fc030c
        .
        .
```

Werte für die Erstellung der Exec-Library-Struktur

```
        .
        .
        fc0326
        .
ASCII-Texte: Chip Memory
        .
        .
        fc0332
        .
        .
ASCII-Text: Fast Memory
        .
        .
        fc033e
fc033e lea     11380(PC)(=$fc2fb4),A0  Zeiger auf Task-Trap-
                                       Code setzen
fc0342 move.l  A0,304(A6)              In TaskTrapCode eintragen
fc0346 move.l  A0,308(A6)              In TaskExceptCode eintragen
fc034a move.l  #$00fc1cec,312(A6)      TaskExitCode eintragen
fc0352 move.l  #$0000ffff,316(A6)      TaskSigAlloc eintragen
fc035a move.w  #$8000,320(A6)          TaskTrapAlloc eintragen
fc0360 lea     8(A6),A1                Zeiger auf LibNode.ln_Type
fc0364 lea     -90(PC)(=$fc030c),A0    Zeiger auf Tabelle
fc0368 moveq   #$0c,D0                 Zähler setzen
fc036a move.w  (A0)+,(A1)+             Exec-Library-Struktur erstellen
fc036c dbf     D0,$fc036a              verzweige, wenn nicht fertig
fc0370 move.l  A6,A0                   Zeiger auf ExecBase nach A0
fc0372 lea     5836(PC)(=$fc1a40),A1   Zeiger auf Tabelle
fc0376 move.l  A1,A2
fc0378 bsr.l   $fc1576                 Funktion: MakeFunktion()
```

In der hier angesprungenen Routine wird die Exec-Library erstellt. Die Tabelle dazu steht ab $FC1A40. In D0 wird die Länge der Library zurückgegeben.

```
fc037c move.w  D0,16(A6)               Länge der Library eintragen
fc0380 move.l  A4,D0                   Ist Fast-RAM vorhanden?
fc0382 beq.s   $fc03a8                 Verzweige, wenn kein Fast-RAM
fc0384 lea     588(A6),A0              Zeiger auf ExecBase-Ende
fc0388 lea     -88(PC)(=$fc0332),A1    String-Fast-Mem.
fc038c moveq   #$00,D2                 Priorität des MemHeader
fc038e move.w  #$0005,D1               Memory-Atribute (Public, Fast)
fc0392 move.l  A4,D0                   Zeiger auf Fast-RAM Ende
```

```
fc0394 sub.l   A0,D0                    ExecBase-Struktur abziehen
fc0396 subi.l  #$00001800,D0            SysStack abziegen
fc039c bsr.l   $fc19ea                  MemHeader-Struktur erstellen
```

Die Routine ab $FC19EA erstellt eine MemHeader-Struktur mit den angegebenen Daten. In D0 steht die Größe des zur Verfügung stehenden Speicherbereichs.

```
fc03a0 lea     $0400,A0                 Speicheranfang Chip-RAM
fc03a4 moveq   #$00,D0                  D0 löschen
fc03a6 bra.s   $fc03b2                  Unbedingter Sprung
fc03a8 lea     588(A6),A0               Zeiger auf ExecBase Ende
fc03ac move.l  #$ffffe800,D0
fc03b2 move.w  #$0003,D1                Memory-Atribute (Public, Chip)
fc03b6 move.l  A0,A2                    Zeiger auf RAM-Anfang
fc03b8 lea     -148(PC)(=$fc0326),A1    String-Chip-Mem.
fc03bc moveq   #$f6,D2                  Priorität des MemHeaders
fc03be add.l   A3,D0                    Errechnung des
fc03c0 sub.l   A0,D0                    effektiven Speicherbereichs
fc03c2 bsr.l   $fc19ea                  MemHeader-Struktur erstellen
fc03c6 move.l  A6,A1                    ExecBase nach A1
fc03c8 bsr.l   $fc140c                  Library-Prüfsumme berechnen
```

Die Exec-Library wird in die LibList verkettet und ihre Prüfsumme berechnet.

```
fc03cc lea     938(PC)(=$fc0778),A0     Zeiger auf Exceptions
fc03d0 move.l  A0,A1                    Zeiger auf Exceptions nach A1
fc03d2 move.w  #$0008,A2                Zeiger auf Ziel nach A2
fc03d6 bra.s   $fc03de                  Unbedingter Sprung
fc03d8 lea     0(A0,D0.W),A3            Adresse berechnen
fc03dc move.l  A3,(A2)+                 und eintragen
fc03de move.w  (A1)+,D0                 Offset holen
fc03e0 bne.s   $fc03d8                  Verzweige, wenn nicht fertig
fc03e2 move.w  296(A6),D0               AttnFlags holen
fc03e6 btst    #0,D0                    68010 eingesetzt?
fc03ea beq.s   $fc041e                  Verzweige, wenn nicht vorhanden
fc03ec lea     1166(PC)(=$fc087c),A0    Zeiger auf neue Traps
fc03f0 move.w  #$0008,A1                Zeiger auf Ziel
fc03f4 move.l  A0,(A1)+                 Exceptions eintragen
fc03f6 move.l  A0,(A1)+                 Exceptions eintragen
fc03f8 move.l  #$00fc08ba,-28(A6)       Erweiterung eintragen
fc0400 move.l  #$42c04e75,-528(A6)      Erweiterung eintragen
fc0408 btst    #4,D0                    68881 eingebaut?
fc040c beq.s   $fc041e                  Verzweige, wenn nicht vorhanden
fc040e move.l  #$00fc108a,-52(A6)       Erweiterung eintragen
fc0416 move.l  #$00fc10e8,-58(A6)       Erweiterung eintragen
fc041e bsr.l   $fc125c                  Interrupt-Struktur eintragen
fc0422 lea     $dff000,A0               Zeiger auf Chip-Adressen
fc0428 move.w  #$8200,150(A0)           Blitter-DMA erlauben
fc042e move.w  #$c000,154(A0)           Interrupts erlauben
fc0434 move.w  #$ffff,294(A6)           IDNestCnt löschen
fc043a bsr.l   $fc22fa                  Debugger installieren
fc043e moveq   #$00,D1                  D1 löschen
fc0440 lea     34(A6),A0                Zeiger auf SoftVer
```

```
fc0444 move.w  #$0016,D0              Zähler nach D0
fc0448 add.w   (A0)+,D1               Prüfsumme berechnen
fc044a dbf     D0,$fc0448             Verzweige, wenn nicht fertig
fc044e not.w   D1                     Wert invertieren
fc0450 move.w  D1,82(A6)              und in ChkSum speichern
fc0454 lea     118(PC)(=$fc04cc),A0   Zeiger auf MemList-Str.
fc0458 bsr.l   $fc191e                AllocEntry()
```

In der Routine wird eine MemList-Struktur erstellt, und $1024 Bytes werden für den Task und dessen Stack reserviert.

```
fc045c move.l  D0,A2                  Zeiger auf MemList-Struktur
fc045e lea     4112(A2),A0            Zeiger auf Start für Task
fc0462 lea     8(A0),A1               MemEntry hinzurechnen
fc0466 addi.l  #$00000010,D0          MeMList hinzuaddieren
fc046c move.l  D0,58(A1)              SpLower setzen
fc0470 move.l  A0,62(A1)              SpUpper setzen
fc0474 move.l  A0,54(A1)              SpReg setzen
fc0478 move    A0,USP                 Auch als Stapel setzen
fc047a clr.b   9(A1)                  Pri löschen
fc047e move.b  $0001,8(A1)            In tc_Type Wert für Task
fc0484 move.l  #$00fc00a8,10(A1)      Zeiger auf Name
```

Der Name des Tasks ist "exec.library". Er wird später wieder entfernt.

```
fc048c lea     74(A1),A0              Zeiger auf tc_MemEntry
fc0490 move.l  A0,(A0)                Liste
fc0492 addq.l  #4,(A0)                für MemEntries
fc0494 clr.l   4(A0)                  erstellen
fc0498 move.l  A0,8(A0)
fc049c exg     A2,A1                  Memlist- und Task-Zeiger
                                      tauschen
fc049e bsr.l   $fc15d8                AddHead()
fc04a2 exg     A2,A1                  zurücktauschen
fc04a4 move.l  A1,276(A6)             Task als ThisTask eintragen
fc04a8 suba.l  A2,A2                  initPc
fc04aa move.l  A2,A3                  und finalPC löschen
fc04ac bsr.l   $fc1c48                AddTask()
fc04b0 move.l  276(A6),A1             Zeiger auf Task nach A1
fc04b4 move.b  #$02,15(A1)            tc_State auf RUN setzen
fc04ba bsr.l   $fc1600                Remove() Task aus Liste
```

Der Task wird auf Running gesetzt und aus der TaskReady-Liste entfernt, was bedeutet, daß das ab jetzt laufende Programm als Task abgearbeitet wird.

```
fc04be andi.w  #$0000,SR              Alle Interrupts sperren
fc04c2 addq.b  #1,295(A6)             SysFlag setzen
fc04c6 jsr     -138(A6)               Permit() (Task zulassen)
fc04ca bra.s   $fc0500                Unbedingter Sprung

               fc04cc
                 .
                 .
```

```
Daten für MemoryList-Struktur
            .
            .
        fc04fe

fc0500 lea     -30(PC)(=$fc04e4),A0
fc0504 bsr.l   $fc0900                  Resident-Struktur suchen
```

In der Routine werden alle im ROM befindlichen Resident-Strukturen gesucht, und der Zeiger auf diese Strukturen wird in einer Tabelle hintereinander abgelegt. Zusätzlich wird auch geprüft, ob die Pointer KickMemPtr, KickTagPtr und KickCheckSum in der ExecBase-Struktur gesetzt wurden. Sollte dies der Fall sein, so werden die angegebenen Speicherbereiche belegt und die angegebenen Resident-Strukturen in die erwähnte Tabelle übernommen, die mit Null abgeschlossen wird. Die Reihenfolge der Einträge der Tabelle richtet sich nach der Priorität der Resident-Strukturen. Der Zeiger auf die Tabelle wird in ResModules gespeichert.

```
fc0508 move.l  D0,300(A6)
fc050c bclr    #1,$bfe001               LED anschalten (ist schon an)
fc0514 move.l  46(A6),D0                CoolCapture holen
fc0518 beq.s   $fc051e                  Verzweige, wenn nicht gesetzt
fc051a move.l  D0,A0                    CoolCapture nach A0
fc051c jsr     (A0)                     Einspringen
fc051e moveq   #$01,D0                  startClass setzen
fc0520 moveq   #$00,D1                  Version setzen
fc0522 bsr.l   $fc0af0                  InitCode(), Resident-
                                        Strukturen bearbeiten
```

In den folgenden Programmteil wird nicht mehr eingesprungen.

```
fc0526 move.l  50(A6),D0                WarmCapture holen
fc052a beq.s   $fc0530                  Verzweige, wenn nicht gesetzt
fc052c move.l  D0,A0                    WarmCapture nach A0
fc052e jsr     (A0)                     Einspringen
fc0530 moveq   #$0d,D0                  Wert für Zähler setzen
fc0532 clr.l   -(A7)                    Stack löschen
fc0534 dbf     D0,$fc0532               Verzweige, wenn nicht fertig
fc0538 movem.l (A7)+,A5-A0/D7-D0
fc053c jsr     -114(A6)                 Einsprung in Debugger
fc0540 move.l  $0004,A6                 ExecBase nach A6
fc0544 bra.s   $fc053c                  Unbedingter Sprung
```

2.14.2 Resident-Strukturen

Um besser zu verstehen, wie es möglich ist, resetfeste-Module "einzubauen", muß zuvor besprochen werden, was Resident-Strukturen sind und wie sie verarbeitet werden.

Resident-Strukturen sind Strukturen, die sich im Betriebssystem des Amigas befinden und nach denen bei einem Reset gesucht wird. Gesucht werden diese Strukturen nach ihrem Erkennung-Code, der am Anfang der Struktur vermerkt ist. Die Positionen aller gefundenen Resident-Strukturen werden in einer Tabelle zusammengefaßt, und ein Zeiger auf diese Tabelle wird daraufhin in ResModules (in der ExecBase-Struktur) vermerkt.

Beim weiteren Verlauf des Resets wird der Zeiger auf die zuvor erstellte Tabelle geholt und in die InitCode()-Funktion verzweigt. Mit Hilfe der Zeiger in der Tabelle werden die Resident-Strukturen wieder gefunden.

In dieser Funktion wird der Sinn der Resident-Strukturen erst klar. In einer solchen Struktur ist unter anderem ein Zeiger gespeichert, der abhängig von den Flags, die in der Resident-Struktur vermerkt sind, auf eine Tabelle für die Register beim Funktionsaufruf MakeLib() oder auf ein auszuführendes Programm zeigt. Vereinfacht gesagt hat man mit einer Resident-Struktur die Möglichkeit, in ein eigenes Programm zu verzweigen oder die Funktion MakeLib() aufzurufen.

Wenn man die Funktion MakeLib() aufrufen lassen will, hat man noch weitere Variationen zur Verfügung. Man kann entscheiden, ob die mit der MakeLib()-Funktion erstellte Struktur mit AddLibrary() in die Library-Liste, mit AddDevice() in die Device-Liste oder mit AddResource() in die Resource-Liste eingefügt werden soll. Diese Möglichkeiten bestehen, weil mit der Funktion MakeLib() aufgrund der Ähnlichkeit der Strukturen sowohl Library-, Device- als auch Resource-Strukturen erstellt werden können.

Eine Resident-Struktur hat folgendes Aussehen:

```
    struct Resident {
0     UWORD rt_MatchWord;
2     struct Resident *rt_MatchTag;
6     APTR  rt_EndSkip;
10    UBYTE rt_Flags;
11    UBYTE rt_Version;
12    UBYTE rt_Type;
13    BYTE  rt_Pri;
14    char  *rt_Name;
18    char  *rt_IdString
22    APTR  rt_Init;
    };

#define RTC_MATCHWORD 0x4AFCL
#define RTF_AUTOINIT (1L<<7)
```

```
#define RTF_COLDSTART (1L<<0)
#define RTM_WHEN 3L
#define RTW_NEVER 0L
#define RTW_COLDSTART 1L
#endif
```

rt_MatchWord
Wort, an dem die Struktur im Speicher erkannt wird. Nach diesem Erkennungswort wird beim Reset gesucht, wenn die Resident-Strukturen gesucht werden. Das Wort muß den Wert $4AFC haben, damit die Struktur gefunden wird.

rt_MatchTag
Zeiger auf die Struktur selbst und wird ebenfalls zur Erkennung der Struktur im Speicher verwandt. Nachdem das MatchWord gefunden wurde, wird geprüft, ob das darauffolgende Langwort ein Zeiger auf die eigene Struktur ist. Ist das der Fall, wird eine Resident-Struktur erkannt.

rt_EndSkip
Zeiger auf das Ende der Struktur. Mit diesem Zeiger ist es möglich, die Struktur beliebig lang zu machen und wichtige Daten in ihr zu vermerken.

rt_Flags
Gibt je nach Setzen der Bits an, ob die Resident-Struktur überhaubt bearbeitet werden soll, und ob, wenn sie bearbeitet wird, nur der angegebene Befehl oder der Einsprung in das angegebene Programm erfolgt. Ist das oberste Bit (Bit 7) gelöscht, so bedeutet dies, daß in das in der Struktur vermerkte Programm eingesprungen wird. Ist es gesetzt, so zeigt rt_Init auf eine Tabelle für die Register, die für das Ausführen der Funktion MakeLib() nötig sind.

rt_Version
Gibt an, um welche Version der Struktur es sich handelt.

rt_Type
Gibt an, welcher Befehl ausgeführt werden soll.

rt_Name
Zeiger auf den Namen der Struktur.

rt_idString
Zeiger auf den String, der nähere Erläuterungen zu der Struktur gibt.

rt_Init
Zeiger auf das auszuführende Programm oder ein Zeiger auf die Tabelle für die zu ladenden Registerinhalte beim Aufruf der MakeLib()-Funktion. Soll die MakeLib()-Funktion aufgerufen werden, so müssen in der Tabelle folgende Register in angegebener Reihenfolge eingetragen sein:

```
D0 = DataSize
D1 = CodeSize
A0 = FuncInit
A1 = StructInit
A2 = LibInit
```

Wie eine Tabelle der Zeiger auf Resident-Strukturen aussieht, auf die ResModuls (in der ExecBase-Struktur) zeigt, läßt sich mit der folgenden Tabelle verdeutlichen. Die Endmarkierung der Tabelle ist das letzte Langwort, das den Wert Null hat.

Die Tabelle wird normalerweise von der Reset-Routine erstellt. Sollte das oberste Bit (Bit 31) eines Langworts in der Tabelle gesetzt sein, so bedeutet das, daß das Langwort ohne Berücksichtigung des obersten Bits ein Zeiger auf die Fortsetzung der Tabelle ist.

```
00fc 00b6 00fc 4afc 00fe 4880 00fe 4fe4
00fc 450c 00fc 4794 00fe 4774 00fe 49cc
00fc 5378 00fe 502e 00fe 507a 00fe 90ec
00fc 34cc 00fe 50c6 00fe 0d90 00fe 510e
00fe 98e4 00fd 3f5c 00fc 323a 00fe 424c
00fe b400 00ff 425a 00fe 8884 0000 0000
```

Sehen wir uns von der Tabelle ausgehend einmal die zweite Resident-Struktur an. Sie sieht wie folgt aus:

```
fc4afc 4afc 00fc 4afc 00fc 516c 8121 096e 00fc
.................
fc4b0c 4b48 00fc 4b16 00fc 4b38 6578 7061 6e73
..........expans
fc4b1c 696f 6e20 3333 2e31 3231 2028 3420 4d61
ion 33.121 (4 Ma
fc4b2c 7920 3139 3836 290d 0a00 0000 0000 01c8
```

```
y 1986).........
fc4b3c 00fc 4b86 00fc 4b5a 00fc 4bee 6578 7061
............expa
fc4b4c 6e73 696f 6e2e 6c69 6272 6172 7900 e000
nsion.library...
```

Um die Initialisierung der Struktur besser nachvollziehen zu können, sind die entsprechenden Werte in der folgenden Struktur noch einmal aufgeführt.

```
   struct Resident {
0    UWORD rt_MatchWord;                $4AFC
2    struct Resident *rt_MatchTag;      $FC4AFC
6    APTR rt_EndSkip;                   $FC516C
10   UBYTE rt_Flags;                    %10000001
11   UBYTE rt_Version;                  33
12   UBYTE rt_Type;                     Library
13   BYTE rt_Pri;                       110
14   char *rt_Name;                     expansion.library
18   char *rt_IdString                  $FC4B16
22   APTR rt_Init;                      $FC4B38
   };
```

Das rt_Flag-Byte ist auf %10000001 gesetzt. Das oberste Bit ist also gesetzt, weshalb das rt_Init auf Daten für die Register zeigt, die für den Aufruf der Funktion AddLibrary() gebraucht werden. Hier wird die AddLibrary()-Funktion aufgerufen, da der Typ der Resident-Struktur "Library" (NT_LIBRARY = 09) ist.

Es stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

Typ	Funktionsaufruf
03 = Device	AddDevice()
08 = Resource	AddResource()
09 = Library	AddLibrary()

Zum Untersuchen der Resident-Struktur ist die Funktion InitCode() zuständig. Beim Aufruf werden die zwei Parameter "StartClass" und "Version" übergeben. "Version" legt fest, daß nur Resident-Strukturen ausgeführt werden, deren Version gleich oder über der angegebenen ist. Der Wert, der in "StartClass" übergeben wird, wird mit rt_Flags UND-verknüpft. Sollte das Ergebnis ungleich null sein, wird die Struktur ausgeführt und somit die initResident-Funktion aufgerufen. Mit StartClass und rt_Flags wird also festgelegt, welche Resident-Strukturen beim Aufruf der InitCode-Funktion ausgeführt werden.

Bei einem Reset wird die InitClass-Funktion mit den Parametern StartClass = 01 und Version = 00 ausgeführt. Es werden somit nur die Resident-Strukturen ausgeführt, deren Bit 0 in rt_Flags gesetzt ist.

Damit Sie sich noch ansehen können, wie die eben beschriebenen Routinen genau ablaufen, folgen hier die Assembler-Listings der Funktionen.

InitCode

```
                Funktion:  InitCode(StartClass, Version)
                                    D0          D1

fc0af0 movem.l A2/D3-D2,-(A7)       Register retten
fc0af4 move.l  300(A6),A2           Zeiger auf ResModuls
fc0af8 move.b  D0,D2                StartClass nach D2
fc0afa move.b  D1,D3                versin nach D3
fc0afc move.l  (A2)+,D0             Zeiger aus Tabelle holen
fc0afe beq.s   $fc0b22              Verzweige, wenn Endmarkierung
fc0b00 bgt.s   $fc0b0a              Verzweige, wenn oberstes Bit
                                    nicht gesetzt (Bit 31)
fc0b02 bclr    #31,D0               Sonst Bit 31 löschen
fc0b06 move.l  D0,A2                Zeiger als neuen Zeiger auf
                                    die Tabelle speichern
fc0b08 bra.s   $fc0afc              Unbedingter Sprung
fc0b0a move.l  D0,A1                Zeiger auf Resident nach A1
fc0b0c cmp.b   11(A1),D3            Version vergleichen
fc0b10 bgt.s   $fc0afc              Resident-Version zu alt
fc0b12 move.b  10(A1),D0            rt_Flags holen
fc0b16 and.b   D2,D0                Mit StartClass verknüpfen
fc0b18 beq.s   $fc0afc              Verzweige, wenn nicht starten
fc0b1a moveq   #$00,D1              segList auf Null
fc0b1c jsr     -102(A6)             InitResident()
fc0b20 bra.s   $fc0afc              Unbedingter Sprung
fc0b22 movem.l (A7)+,A2/D3-D2       Register zurückholen
fc0b26 rts                          Rücksprung
```

InitResident

```
                Funktion:  InitResident(resident, segList)
                                        A1        D1

fc0b28 btst    #7,10(A1)            Bit 7 von rt_Flags testen
fc0b2e bne.s   $fc0b3c              Nicht gesetzt, dann Befehl
                                    ausführen
fc0b30 move.l  22(A1),A1            Sonst Einsprung holen
```

```
fc0b34 moveq   #$00,D0          D0 löschen
fc0b36 move.l  D1,A0            segList nach A0
fc0b38 jsr     (A1)             Einspringen
fc0b3a bra.s   $fc0b7e          Unbedingter Sprung
fc0b3c movem.l A2-A1,-(A7)      Register retten
fc0b40 move.l  22(A1),A1        Zeiger auf Register holen
fc0b44 movem.l (A1),A2-A0/D0    Register für Funktion holen
fc0b48 jsr     -84(A6)          MakeLib()
fc0b4c movem.l (A7)+,A2/A0      Register zurückholen
fc0b50 move.l  D0,-(A7)         Rückmeldung speichern
fc0b52 beq.s   $fc0b7c          Fehler, dann Ende
fc0b54 move.l  D0,A1            Zeiger auf Library nach A1
fc0b56 move.b  12(A0),D0        rt_type nach D0
fc0b5a cmpi.b  #$03,D0          rt_type = Device?
fc0b5e bne.s   $fc0b66          Verzweige, wenn nicht Device
fc0b60 jsr     -432(A6)         Sonst AddDevice()
fc0b64 bra.s   $fc0b7c          Unbedingter Sprung
fc0b66 cmpi.b  #$09,D0          rt_type = Library?
fc0b6a bne.s   $fc0b72          Verzweige, wenn nicht Library
fc0b6c jsr     -396(A6)         Sonst AddLibrary()
fc0b70 bra.s   $fc0b7c          Unbedingter Sprung
fc0b72 cmpi.b  #$08,D0          rt_type = Resource?
fc0b76 bne.s   $fc0b7c          Verzweige, wenn nicht
                                Resource
fc0b78 jsr     -486(A6)         Sonst AddResource
fc0b7c move.l  (A7)+,D0         D0 zurückholen
fc0b7e rts                      Rücksprung
```

2.14.3 Resetfeste Programme und Strukturen

Nachdem jetzt alle Voraussetzungen geschaffen worden sind, soll jetzt besprochen werden, wie man resetfeste Programme und Strukturen programmieren kann.

Um dies zu erreichen, gibt es zwei Möglichkeiten. Zum einen kann man über die Vektoren ColdCapture und CoolCapture in das eigene Programm verzweigen, zum anderen besteht die Möglichkeit, mit Hilfe der Vektoren KickMemPrt und KickTagPrt Speicherbereich erneut zu belegen und die Resident-Struktur in die Resident-Vektor-Tabelle einzufügen. Diese Vektoren sind in der ExecBase-Struktur zu finden.

Es kommt auf den Zweck an, welche Möglichkeit man nutzt. Um lediglich einen Reset zu sperren, ist der ColdCapture-Einsprung wohl am günstigsten. Sie müssen lediglich den Vektor auf eine Routine legen, die den ColdCapture-Vektor erneut setzt und daraufhin in einer Endlosschleife läuft.

Beim Initialisieren des ColdCapture-Vektors müssen Sie zusätzlich noch die Prüfsumme, die über die ersten ExecBase-Vektoren gebildet

wird, neu berechnen. Eine Routine zum Sperren des Resets hätte beispielweise folgendes Aussehen:

```
run:
allocMem = -198
require = 1
ColdCapture = 42

          move.l $4,a6
          move.l #Ende-Anfang,d0
          move.l #require,d1
          jsr allocMem(a6)
          tst.l d0
          beq fehler
          move.l d0,a1
          move.l a1,ColdCapture(a6)
          move.w #Ende-Anfang-1,d0
          lea.l Anfang,a0
l1:       move.b (a0)+,(a1)+
          dbf d0,l1

; Prüfsumme neu berechnen

          clr.l d1
          lea.l 34(a6),a0
          move.w #$16,d0
l2:       add.w (a0)+,d1
          dbf d0,l2
          not.w d1
          move.w d1,82(a6)
fehler:   rts

; Routine die bei Reset ausgeführt wird

Anfang:   lea.l anfang(pc),a0
          move.l $4,a6
          move.l a0,ColdCapture(a6)
l3:       jmp l3(pc)
Ende:
```

Das Programm belegt zuerst den benötigten Speicher, kopiert das Programm, das bei einem Reset gestartet werden soll, in diesen Bereich, trägt die Anfangsadresse des Programms in ColdCapture ein und berechnet die Prüfsumme neu.

Das Neusetzen des ColdCapture-Vektors ist nötig, da dieser von der Reset-Routine gelöscht wird.

Wenn das Programm gestartet ist, und ein Reset erfolgte, rettet Sie nur noch das Ausschalten des Rechners.

Mit ColdCapture wird sehr früh aus der Reset-Routine in das eigene Programm verzweigt. Sie können sich den Aussprung in der dokumentierten Resetroutine ab $FC01 72 ansehen. Bis zu diesem Zeitpunkt des Aussprungs ist noch nicht viel geschehen. Es wurde lediglich die Bildschirmfarbe auf schwarz geschaltet, alle Interrupts und DMA-Zugriffe wurden gesperrt, und die Prüfsumme der ExecBase-Struktur wurde überprüft.

Sollte ColdCapture gesetzt worden sein, so wird der Vektor von der Reset-Routine wieder gelöscht, die Adresse, an der die Reset-Routine weitergeführt werden soll, in A5 übergeben und in die Routine, die in ColdCapture angegeben ist, verzweigt. In der eigenen Routine darf nicht mit dem Stapel gearbeitet werden, also auch kein Unterprogrammaufruf erfolgen, da der Stapel noch nicht initialisiert wurde.

Mit JMP (A5) wird die Reset-Routine wieder weitergeführt. Der andere Vektor, der genutzt werden kann, um im Verlauf eines Resets aus der Reset-Routine in ein eigenes Programm zu verzweigen, heißt CoolCapture. Wenn aus der Reset-Routine in das eigene Programm verzweigt wird, ist der Speicher bereits wieder organisiert, die ExecBase-Struktur und die Exec-Library sind erstellt, die Interrupts eingerichtet und die Exceptions wieder auf ihre richtigen Werte zurückgesetzt.

Über CoolCapture wird mit einem "JSR (A0)" eingesprungen und deshalb auch normalerweise mit RTS abgeschlossen. Der Vektor kann verwandt werden, um eine Speichererweiterung anzumelden, die nicht automatisch angemeldet wird. Der Aussprung aus der Reset-Routine ist bei $FC051C.

Die Vorgehensweise ist gleich der beim ColdCapture-Einsprung. Der Vektor wird eingetragen und daraufhin die Prüfsumme der ExecBase-Struktur neu berechnet. Wie die Prüfsumme berechnet wird, können Sie sich in dem Beispielprogramm für den ColdCapture-Einsprung ansehen.

Die Verwendung der KickSumData()-Funktion:

Die beste Möglichkeit, resetfeste Programme und Strukturen zu erhalten, besteht darin, sie mit Hilfe der ExecBase-Einträge KickMemPtr, KickTagPtr und KickCheckSum zu erzeugen.

Durch Benutzung der Einträge kann man beliebige Speicherbereiche mit deren alten Werten erneut belegen und eigene Resident-Strukturen in die Tabelle der Zeiger auf Resident-Strukturen einfügen. Um das zu erreichen, muß KickMemPtr auf eine MemList-Struktur zeigen, deren Einträge während eines Resets wieder belegt werden. KickTagPtr ist ein Zeiger auf eine Resident-Tabelle, die aussieht wie die, auf die ResModuls in der ExecBase-Struktur zeigt. Die in der Tabelle vermerkten Resident-Strukturen werden abhängig von ihrer Priorität in die zu erstellende Tabelle aller Resident-Strukturen, die später ausgeführt werden, eingebunden.

Diese beiden Zeiger werden jedoch nur verwendet, wenn KickCheckSum (die Prüfsumme über die Resident-Tabelle und die MemList-Strukturen) richtig ist. Zur Berechnung der Prüfsumme dient eine Exec-Library-Funktion mit dem Namen KickSumData().

KickSumData

```
Funktion: Summe = KickSumData()
                  D0
Offset:   -612
```

Beschreibung

Die Funktion berechnet die Prüfsumme über die in KickMemPtr angegebene MemList-Struktur sowie die in KickTagPtr angegebene Resident-Tabelle. Das Ergebnis wird in D0 zurückgegeben.

Wenn man bestimmte Speicherbereiche nach einem Reset ohne Verlust der Daten wieder belegt haben möchte, so muß man diese Bereiche in einer MemList-Struktur vermerken und mit AllocEntry() belegen. Die eigene MemList-Struktur muß auch mitbelegt sein. Es ist auch möglich, mehrere MemList-Strukturen miteinander zu verketten.

Wenn man bei einem Reset zusätzlich noch eigene Programme ausführen will, so erstellt man Resident-Strukturen, mit denen man die gewünschten Programme aufruft. Die Zeiger auf die Resident-Strukturen müssen in einer Tabelle zusammengefaßt werden, die mit Null abgeschlossen wird. Der Speicherbereich der Resident-Strukturen der auszuführenden Programme sowie die Resident-Tabelle müssen ebenfalls mit einer MemList-Struktur belegt worden sein und in die Liste des bei einem Resets zu belegenden Speichers, wie zuvor beschrieben,

eingefügt werden. Der Zeiger auf die Resident-Tabelle wird in KickTagPtr eingetragen.

Nachdem diese Schritte unternommen wurden, wird die KickSumData()-Funktion aufgerufen und die berechnete Prüfsumme in KickCheckSum gespeichert.

Jetzt sind die angegebenen Speicherbereiche resetgeschützt, und die in den Resident-Strukturen vermerkten Programme werden bei einem Reset ausgeführt.

Zur Orientierung, welche Prioritäten die eigenen Resident-Strukturen haben müssen, um an der gewünschen Stelle ausgeführt zu werden, folgt nun eine Tabelle, die zeigt, welche Resident-Strukturen mit deren Prioritäten bei einem Reset ausgeführt werden.

Pri.	Resident-Pos.	Beschreibung
120	$FC00B6	Exec-Lib. erstellen (nicht erlaubt)
110	$FC4AFC	Exception-Lib. erstellen
100	$FE4880	Potgo-Lib erstellen
80	$FC450C	CIA-Resources erstellen
70	$FC4794	Disk-Resource erstellen
70	$FE4774	Misc-Resource erstellen
70	$FE49CC	Ram-Lib. erstellen (nicht erlaubt)
65	$FC5378	Graphics-Lib. erstellen
60	$FE502E	Keyboard-Device erstellen
60	$FE507A	Game-Port-Device erstellen
50	$FE90EC	Timer-Device erstellen
40	$FC34CC	Audio-Device erstellen
40	$FE50C6	Input-Device erstellen
31	$FE0D90	Layers-Lib. erstellen
20	$FE510E	Console-Device erstellen
20	$FE98E4	Trackdisk-Device erstellen
10	$FD3F5C	Intuition-Lib. erstellen
5	$FC323A	Gurus, wenn vorhanden, ausgeben
0	$FE424C	Math-Lib erstellen
0	$FEB400	Workbench-Task, (nicht erlaubt)
0	$FF425A	DOS-Lib erstellen (nicht erlaubt)
-20	??????	ROM-Boot-Library aufbauen (nur Kickstart-Version 1.3)
-60	$FE8884	Einspringen in Boot-Vorgang

Nach der letzten Resident-Struktur kann keine eigene mehr ausgeführt werden, da nach dem Aufruf dieser Struktur nicht mehr zu der InitCode()-Funktion zurückgekehrt wird. Eine niedrigere Priorität als -60 ist also unsinnig.

2.14.4 Ein richtiges NoFastMem

Zum Abschluß dieses Kapitels zeigen wir noch eine weitere Variante, das Fast-Memory anzuschalten. Die herkömmlichen NoFastMem-Routinen belegen einfach das gesamte Fast-Memory, so daß weitere Programme ins Chip-Memory geladen werden müssen. Wenn man jedoch einmal nachdenkt, wird man feststellen, daß alle wichtigen Strukturen wie beispielweise die ExecBase-Struktur oder die Interrupts bereits während eines Resets initialisiert werden und deshalb immer im Fast-Memory liegen. Das kann der Grund dafür sein, daß manche Programme trotz Ausschaltens des Fast-RAM auf die herkömmliche Weise nicht laufen. Eine andere Alternative bietet sich jedoch mit der Verwendung der Reset-Routine.

Man braucht lediglich ein Programm, das alle wichtigen Schritte, die während eines Resets gemacht werden, ebenfalls unternimmt, und dann an einer geeigneten Stelle wieder in die Reset-Routine einspringt. In seiner eigenen Routine kann man ohne weiteres dem Reset "vorgaukeln", daß kein Fast-RAM vorhanden ist. Springt man nun an der Stelle in den Reset wieder ein, an der alle Strukturen wieder neu initialisiert werden, und täuscht man dem Reset vor, daß kein Fast-RAM vorhanden ist, so werden alle Strukturen im Chip-RAM initialisiert.

Diese Täuschung bleibt solange erhalten, bis die ExecBase-Struktur von einem Programm zerstört wird, denn dann wird erneut nachgesehen, wieviel Speicher wirklich vorhanden ist.

Ansonsten wird der Vermerk, daß kein Fast-RAM zu finden ist, bei jedem weiteren Reset aus der ExecBase-Struktur geholt, und alle Strukturen werden sich danach richtend initialisiert.

Ein solches Programm hat folgendes Aussehen:

```
move.b #$03,$bfe201         ;Port auf Ausgang
move.b #$02,$bfe001         ;LED ausschalten
lea.l $dff000,a4
move.w #$7fff,d0
move.w d0,154(a4)
move.w d0,156(a4)           ;DMA-Zugriffe sperren
move.w d0,150(a4)
move.w #$0200,256(a4)
move.w #$0000,272(a4)
move.w #$0444,384(a4)

lea.l $400,a6
suba.w #$fd8a,a6            ;ExecBase-Basis ermitteln
```

```
lea.l $c00000,a0
lea.l $dc0000,a1
move.l #$00,a4              ;Kein Fast-RAM vorhanden
move.l a4,d0
move.l #$40000,a7           ;Hilfs-Stack-Pointer nach A7
move.l #$ffffffff,d6        ;Wert für keinen Alert gefunden
jmp $fc0208                 ;Einsprung in Reset
```

2.15 Booten ohne Disk (Die ROM-Boot-Library)

Das folgende Kapitel bezieht sich nur auf die Kickstart-Version 1.3 und wahrscheinlich auch deren Nachfolger, Ist jedoch auch für Besitzer der Kick 1.2 interresant.

Durch die ROM-Boot-Library (nur in Kick 1.3) mit Hilfe der Expansion-Library und über die Strap-Routine (Boot-Routine) der Kick 1.3 ist es möglich, von einem anderem Device als DF0: zu booten. Ein solches Device ist beispielweise eine Festplatte.

Auf der Workbench 1.3 ist ein neues Device enthalten, das sich ramdrive.device nennt. Bei diesem Device handelt es sich um eine resetfeste RAM-Disk, die bei Benutzung der Kick 1.3 auch gebootet werden kann. Das Booten aus dieser RAM-Disk funktioniert genauso wie das Booten von der Festplatte oder einem anderem Device.

Da jeder, der über die Kick und Workbench 1.3 verfügt, aus seiner RAM-Disk booten kann, soll dies hier ausführlich besprochen werden.

Bevor aus der RAM-Disk gebootet werden kann, muß sie resetfest sein, das heißt, es muß eine eigene Routine während eines Resets angesprungen werden, die dafür sorgt, daß die RAM-Disk nicht gelöscht wird. Um eine eigene Routine einzubinden, werden die Zeiger KickMemPtr, KickTagPtr und KickCheckSum innerhalb der ExecBase-Struktur verwendet (siehe Kapitel über resetfeste Programme).

Über die soeben genannten Zeiger wird in die Routine verzweigt, die die RAM-Disk vor einem Reset schützt und die Möglichkeit gibt, aus ihr zu booten.

Die Routine initialisiert eine DeviceNode- sowie eine MountNode-Struktur. Die MountNode-Struktur wird in die Mount-Liste der Expansion-Library eingefügt. Sollte bei einem Reset keine Diskette in Laufwerk Null vorliegen, wird mit Hilfe der ROM-Boot-Library von einem anderem Device gebootet.

Um die Einzelheiten diese Routine zu verstehen, ist es nötig, die Expansion-Library-Struktur und deren Unterstrukturen sowie einige ihrer Funktionen zu kennen. Aus diesem Grund folgt erst eine Besprechung der für das Booten von der RAM-Disk wichtigen Teile. Die Teile der Expansion-Library, die sich auf die Hardware beziehen, werden an entsprechender Stelle separat behandelt.

2.15.1 Die Strukturen

```
struct ExpansionBase
{
        struct Library  LibNode;
        UBYTE   Flags;
        UBYTE   pad;
        APTR    ExecBase;
        APTR    SegList;
        struct CurrentBinding  CurrentBinding;
        struct  List    BoardList;
        struct  List    MountList;       /* Offset 74  $4A */
        UBYTE   AllocTable[TOTALSLOTS];
        struct SignalSemaphore BindSemaphore;
        struct  Interrupt       Int2List;
        struct  Interrupt       Int6List;
        struct  Interrupt       Int7List;
};

#define TOTALSLOTS 256
#define EXPANSIONNAME    "expansion.library"
#define ADNB_STARTPROC  0
#define ADNF_STARTPROC  (1<<0)
```

Für uns ist lediglich der Eintrag "MountList" interessant. Alles andere ist nur für die Hardware wichtig.

MountList
List-Struktur, in der alle bootbaren Devices mit ihren wichtigsten Informationen eingetragen sind, um gebootet zu werden.

In dieser Liste sind Strukturen verkettet, die wir MountNode-Strukturen nennen. Sie haben folgendes Aussehen:

```
struct MountNode {                              /* Offsets */

  struct MinNode mno_Node;                      /* 00  $00 */
  UBYTE mno_Type;                               /* 08  $08 */
  UBYTE mno_Pri;                                /* 09  $09 */
        struct ConfigDev  *mno_MountDev;        /* 10  $0A */
        UWORD              mno_DoNotKnow;       /* 14  $0E */
```

```
        struct DeviceNode *mno_DevNode     /* 16  $10 */
    };
```

mno_Node
Gewöhnliche MinNode-Struktur, um die Verkettung innerhalb einer Liste zu ermöglichen.

mno_Type
Typ des Devices an, der durch diese Node-Struktur verwaltet wird. Der Typ DAC_CONFIGTIME (=16) gibt an, daß das Device gebootet werden kann. Die Typen entsprechen der der DiagArea-Struktur.

mno_Pri
Priorität des Devices beim Booten. Sollten mehrere Devices bootfähig sein, so bestimmt die Priorität, welches gebootet wird. Ein Device mit hoher Priorität wird vor dem mit niedrigerer gebootet.

mno_MountDev
Zeiger auf zugehörige ConfigDev-Struktur (Besprechung folgt).

mno_DoNotKnow
Dieser Eintrag ist nicht bekannt, jedoch nicht für das Booten eines Devices wichtig.

mno_DevNode
Zeiger auf zugehörige DeviceNode-Struktur (Besprechung folgt), die von der MakeDosNode-Funktion der Expansion-Library erstellt wird (Dokumentation folgt).

In der MountNode-Struktur befindet sich ein Zeiger auf eine Config-Dev-Struktur. Die Struktur wird normalerweise beim Erstellen der Expansion-Library erstellt und enthält alle wichtigen Informationen über das Aussehen und die Lage einer in den Erweiterungs-Slot eingesteckten Karte (z.B. Festplatte). Da wir in diesem Kapitel jedoch nur die resetfeste/bootbare RAM-Disk besprechen, sind von dieser Struktur nur einige wenige Einträge für uns interessant, und somit werden auch nur diese erwähnt. Die vollständige Besprechung erfolgt

bei der Erläuterung der Expansion-Architektur. Die Struktur hat folgendes Aussehen.

```
struct ConfigDev {                              /* Offsets */

    struct Node         cd_Node;                 /* 00  $00 */
    UBYTE               cd_Flags;                /* 14  $0E */
    UBYTE               cd_Pad;                  /* 15  $0F */
    struct ExpansionRom cd_Rom;                  /* 16  $10 */
    APTR                cd_BoardAddr;            /* 32  $20 */
    APTR                cd_BoardSize;            /* 36  $24 */
    UWORD               cd_SlotAddr;             /* 40  $28 */
    UWORD               cd_SlotSize;             /* 42  $2A */
    APTR                cd_Driver;               /* 44  $2C */
    struct ConfigDev   *cd_NextCD;               /* 48  $30 */
    ULONG               cd_Unused[4];            /* 52  $34 */
};

#define CDB_SHUTUP 0L
#define CDB_CONFIGME 1L
#define CDF_SHUTUP 0x01L
#define CDF_CONFIGME 0x02L
```

cd_Node
Normale Node-Struktur, deren ln_Type als NT_DEVICE (= 3) gesetzt ist. ln_Name ist ein Zeiger auf den Namen des Devices, beispielsweise "ramdrive.device".

cd_Rom
Struktur, deren Einträge normalerweise aus der Erweiterungskarte ausgelesen werden. Sie enthalten Einträge, die die Art der Karte näher beschreiben. Für die RAM-Disk sind nur fünf Einträge wichtig.

Die ExpansionRom-Struktur hat folgendes Aussehen.

```
struct ExpansionRom {                           /* Offsets */

    UBYTE er_Type;                               /* 00  $00 */
    UBYTE er_Product;                            /* 01  $01 */
    UBYTE er_Flags;                              /* 02  $02 */
    UBYTE er_Reserved03;                         /* 03  $03 */
    UWORD er_Manufacturer;                       /* 04  $04 */
    ULONG er_SerialNumber;                       /* 06  $06 */
    UWORD er_InitDiagVec;                        /* 10  $0A */
    UBYTE er_Reserved0c;                         /* 12  $0C */
    UBYTE er_Reserved0d;                         /* 13  $0D */
    UBYTE er_Reserved0e;                         /* 14  $0E */
```

```
    UBYTE er_Reserved0f;                          /* 15  $0F */
  };

  #define ERTF_DIAGVALID (1L<<4)
```

er_Type
Hier wird der Typ des Boards (der Karte) angegeben. In unserem Fall - es handelt sich um kein Board, sondern um eine RAM-Disk - muß durch den Typ angegeben werden, daß ein Programm ausgeführt werden soll (das Programm zum Starten des Boot-Vorgangs aus der RAM-Disk). Es ist der gleiche Typ, der auch schon in unserer MountNode-Struktur angegeben werden mußte. Der Typ ist ERTF_DIAGVALID oder DAC_CONFIGTIME (= 16).

er_Reserved0c/er_Reserved0d/er_Reserved0e/er_Reserved0f
In diesen vier Byte-Einträgen ist der Zeiger auf den RAM-Bereich, in dem das auszuführende Programm steht. Es ist jedoch kein Zeiger, der direkt auf das Programm zeigt, sondern zeigt wiederum auf eine Struktur. Über diese Struktur kann jedoch endlich auf das gewünschte Programm zugegriffen werden. Die Struktur heißt DiagArea und wird jetzt besprochen.

Die DiagArea-Struktur steht - wenn ein Board (eine Karte) verwaltet wird - am Anfang des Speicherbereichs, in den der ROM-Bereich der Karte kopiert wurde (sofern ein ROM-Bereich existiert). Die Struktur enthält einige Informationen über den ROM-Bereich (RAM-Kopie), die nur bei Karten interessant sind.

Für die RAM-Disk werden nur zwei Einträge genutzt.

```
struct DiagArea {                              /* Offsets */

    UBYTE da_Config;                           /* 00  $00 */
    UBYTE da_Flags;                            /* 01  $01 */
    UWORD da_Size;                             /* 02  $02 */
    UWORD da_DiagPoint;                        /* 04  $04 */
    UWORD da_BootPoint;                        /* 06  $06 */
    UWORD da_Name;                             /* 08  $08 */
    UWORD da_Reserved01;                       /* 10  $0A */
    UWORD da_Reserved02;                       /* 12  $0C */
};

#define DAC_CONFIGTIME 0x10L
```

da_Config
Der Eintrag gibt an, welcher Art dieser RAM-Bereich ist. Für die RAM-Disk muß hier angegeben werden, daß der RAM-Bereich ein Programm enthält (das Programm zum Booten der RAM-Disk).

da_BootPoint
Hier steht der Offset, der auf das auszuführende Programm zeigt. Der Offset wird zu der Basisadresse der DiagArea-Struktur addiert.

Nachdem die ConfigDev-Struktur mit ihren Unterstrukturen beschrieben wurde, folgt nun die in der MountNode-Struktur vermerkte DeviceNode-Struktur. Sie wird von DOS und vom FileSystem gebraucht, um das Device entsprechend anzusprechen.

```
struct DeviceNode {                        /* Offsets */

    BPTR             dn_Next;              /* 00  $00 */
    ULONG            dn_Type;              /* 04  $04 */
    struct MsgPort  *dn_Task;              /* 08  $08 */
    BPTR             dn_Lock;              /* 12  $0C */
    BSTR             dn_Handler;           /* 16  $10 */
    ULONG            dn_StackSize;         /* 20  $14 */
    LONG             dn_Priority;          /* 24  $18 */
    BPTR             dn_Startup;           /* 28  $1C */
    BPTR             dn_SegList;           /* 32  $20 */
    BPTR             dn_GlobalVec;         /* 36  $24 */
    BSTR             dn_Name;              /* 40  $28 */
};
```

dn_Next
BPTR-Zeiger auf die nächste DeviceNode-Struktur.

dn_Type
Immer Null, da es sich um ein DOS-Device handelt (DLT_DEVICE).

dn_Task
Zeiger auf den (wie deim DOS üblich) zum entsprechenden Task gehörigen Message-Port. Wenn kein Zeiger eingetragen ist, heißt dies, daß ein Task beim Start erstellt wird.

dn_Lock
Für ein Device wird der Eintrag nicht verwendet und bekommt somit den Wert Null.

dn_Handler
Hier befindet sich der Zeiger auf den Namen des Handlers, der geladen wird, sofern keine Segmentliste eingetragen ist.

dn_StackSize
Hier wird die Größe des Stacks eingetragen, der aufgebaut wird, wenn ein Task über die dn_SegList erstellt wird.

dn_Priority
Priorität des zu erstellenden Tasks.

dn_Startup
BPTR-Zeiger auf die erstellte FileSysStartupMsg-Struktur, die zum Starten des Devices benötigt wird. Sie wird von der MakeDosNode-Funktion erstellt (Besprechung folgt).

dn_SegList
BPTR-Zeiger auf die Segmentliste für das Task-Programm, welches abgesehen vom Device zusätzlich aufgebaut wird. Ist der Zeiger nicht gesetzt (Null), wird ein Handler aus dem L-Ordner geladen (siehe dn_Handler). Ist dieser Zeiger ebenfalls nicht gesetzt, wird kein weiterer Task gestartet. Der dn_SegList-Zeiger wird beispielsweise gesetzt, wenn ein FastFiling-Resource existiert, um den entsprechenden Task aufzubauen. Dieses Resource ist in der jetzigen Kickstart-Version nicht integriert.

dn_GlobalVec
Hier wird festgelegt, ob der erstellte Task ein oder kein BCPL-Programm ist. Sollte es ein BCPL-Programm sein (dn_GlobalVec = 0), wird es auch als solches beim Einbinden in das System behandelt. Ist es kein solches Programm (dn_GlobalVec = -1), wird dies vom DOS berücksichtigt.

dn_Name
BSTR-Zeiger auf den Namen der DeviceNode-Struktur (z.B. CARD oder DF0)..

Zum Erstellen der Struktur dient die Expansion-Funktion MakeDosNode. In A0 wird ein Zeiger auf eine Tabelle übergeben, mit deren Hilfe die DeviceNode-Struktur sowie eine weitere Struktur erstellt wird. Die Struktur heißt FileSysStartupMsg. Es existiert ein Zeiger auf die Struktur innerhalb der DeviceNode-Struktur. Diese neue Struktur wird gebraucht, wenn das Device geöffnet wird.

Sie sieht wie folgt aus:

```
struct FileSysStartupMsg {                    /* Offsets */

    ULONG       fssm_Unit;                    /* 00  $00 */
    BSTR        fssm_Device;                  /* 04  $04 */
    BPTR        fssm_Environ;                 /* 08  $08 */
    ULONG       fssm_Flags;                   /* 12  $0C */
};
```

fssm_Unit
Unit-Nummer, die bei der OpenDevice-Funktion der Exec-Library verwendet wird (z.B. Null für Öffnung von Laufwerk Null).

fssm_Device
BSTR-Zeiger auf den Namen des Devices.

fssm_Environ
BPTR-Zeiger auf eine Tabelle, deren Einträge das Aussehen des Devices bestimmen (Environment-Table). Ein Beispiel hierfür ist die Anzahl der Tracks und Sektoren.

fssm_Flags
Flags, die in der OpenDevice-Funktion angegeben werden müssen.

Wie soeben gesagt, ist in fssm_Environ der Zeiger auf eine Langworttabelle eingetragen. Diese Tabelle hat ein festgelegtes Aussehen. Die Position der entsprechenden Werte der Tabelle ist mit Hilfe von "defines" festgelegt. Sie stellen die Offsets innerhalb der Tabelle dar

und beginnen folglich mit dem Wert Null. Die Tabelle hat den Namen Environment-Table.

Der erste Eintrag der Tabelle gibt ihre Größe an, damit entsprechend viel Speicherplatz reserviert werden kann.

#define DE_TABLESIZE *0*

Als nächstes ist die Größe eines vom Device verarbeiteten Blocks vermerkt. Der Normwert ist 128 Langworte, was 512 Bytes entspricht.

#define DE_SIZEBLOCK *1*

Der dritte Eintrag wird nicht benutzt, muß den Wert Null haben.

#define DE_SECORG *2*

Der folgende Eintrag gibt die Anzahl der dem Device zur Verfügung stehenden Lese-/Schreibköpfe, das heißt die Anzahl der Oberflächen an. Dieser Wert ist bei einer 20-MB-Festplatte normalerweis 4 und bei Diskette 2.

#define DE_NUMHEADS *3*

Langwort Nummer 4 (es wird von Null an gezählt) bestimmt die Anzahl der Sektoren innerhalb eines Blocks. Beim Amiga enthält jeder Block nur einen Sektor, weshalb die Begriffe Block und Sektor das gleiche verkörpern.

#define DE_SECSPERBLK *4*

Der sechste Eintrag (Langworts Nummer 5) gibt die Anzahl der Sektoren (Blöcke) jedes Tracks an. Bei Disk ist diese 11.

#define DE_BLKSPERTRACK *5*

Der nächste Eintrag bestimmt die Anzahl der Blöcke, die für spezielle Zwecke reserviert sind. Im Normalfall sind es zwei (z.B. der Boot-Block).

#define DE_RESERVEDBLKS *6*

Der achte Eintrag (Langwort Nummer 7) wird nicht benutzt, sein Wert muß Null sein.

#define DE_PREFAC *7*

Der nächste Wert gibt an, wie viele physikalische Blöcke zwischen zwei logischen Blöcken stehen. Der Wert wird gebraucht, wennn die Datenübertragunug von dem Laufwerk zum Rechner langsamer als das Lesen der Daten von Disk geschieht. In einem solchen Fall wird ein Sektor gelesen und im nachhinein zum Rechner geschoben. In dieser Zeit dreht sich die Diskette jedoch weiter, so daß einige Sektoren überlesen werden. Wenn alle Sektoren hintereinander stehen, müßte längere Zeit gewartet werden, bis der nächste gewünschte Sektor erreicht wird. Um dies zu verhindern, werden die logischen Sektoren nicht direkt hintereinander, sondern im Abstand einiger physikalischer Sektoren angelegt. Dieser Abstand wird "interleave" genannt. Beim Amiga ist er Null (die logische ist gleich der physikalischen Reihenfolge der Sektoren).

#define DE_INTERLEAVE *8*

Der nächste Wert gibt den Start-Zylinder an. Normalerweise ist dies Zylinder Null.

#define DE_LOWCYL *9*

Der 11. Wert bestimmt die Nummer des letzten Zylinders. Der Wert ist Device-abhängig. Bei Disk ist dieser Wert 79.

#define DE_UPPERCYL *10*

Der folgende Eintrag gibt die Anzahl der vom File-System verwendeten Puffer an, um Daten im RAM zwischenzuspeichen.

#define DE_NUMBUFFERS *11*

Der letzte Eintrag bestimmt die Art des für die Puffer verwendeten Speichers.

#define DE_MEMBUFTYPE *12*
Sie haben wahrscheinlich festgestellt, daß es sich bei diesen Eintragungen um die gleichen handelt, die in der MountList gemacht werden, um ein Device festzulegen.

Wie schon erwähnt wird das Erstellen der DeciveNode-Struktur von einer Funktion der Expansion-Library erledigt.

MakeDosNode

```
Funktion: DosNode = MakeDosNode (StartupTab)
                D0                A0
Offset:   -144, -$90, $FF70
```

Beschreibung

Die Funktion erstellt eine DeviceNode-Struktur, indem sie sowohl Speicher für die Struktur selbst als auch für den Namen des Devices, die FileSysStartupMsg-Struktur und die Device-Aufbau-Tabelle (Environment-Table) reserviert und die entsprechenden Eintragungen vornimmt.

Parameter

DosNode
Zeiger auf die entstandene DeviceNode-Struktur.

StartupTab
Zeiger auf die zuvor initialisierte Langworttabelle, die zur Erstellung der FileSysStartupMsg-Struktur dient.

Der Aufbau der Tabelle ist wie folgt:

0. Zeiger auf DeviceNode-Namen (z.B. CARD oder DF0)
1. Zeiger auf den Device-Namen (z.B. ramdrive.device)
2. Unit-Nummer (siehe FileSysStartupMsg => fssm_Unit)
3. Flags (siehe FileSysStartuoMsg => fssm_Flags
4.-16. Environment-Table

Dokumentation

Die hier abgedruckte Routine ist aus der Kickstart-Version 1.2, hat sich jedoch zu der uns vorliegenden Version 1.3 abgesehen von der Startadresse nicht geändert.

A0 = Zeiger auf die initialisierte FileSysStartupMsg-Struktur
A6 = Zeiger auf Expansion-Base

```
fc5170 movem.l A6/A4-A2,-(A7)       Register retten
fc5174 move.l  36(A6),A6            Zeiger auf ExecBase holen
fc5178 move.l  A0,A2                Zeiger auf Erstelltabelle
fc517a lea     -56(A7),A7           Platz im Stapel für
                                    MemList-Struktur
fc517e move.w  #$0005,14(A7)        5 Einträge in MemList
fc5184 lea     16(A7),A1            Zeiger auf Mem.-Einträge
fc5188 move.l  #$00010001,D1        MEMF_CLEAR und MEMF_PUBLIC
fc518e move.l  D1,(A1)+             Wert eintragen
fc5190 move.l  #$0000002c,(A1)+     Länge der DeviceNode-Stru.
fc5196 move.l  D1,(A1)+             MEMF_CLEAR und MEMF_PUBLIC
fc5198 move.l  #$00000010,(A1)+     Länge der
                                    FileSysStartupMsg-Struktur
fc519e move.l  D1,(A1)+             MEMF_CLEAR und MEMF_PUBLIC
fc51a0 move.l  16(A2),D0            Anzahl der Langworte aus
                                    dem Environ-Table holen
fc51a4 addq.l  #1,D0                Wert um eins erhöhen
fc51a6 lsl.l   #2,D0                Wert in Byte-Anzahl wandeln
fc51a8 move.l  D0,(A1)+             Länge eintragen
fc51aa move.l  D1,(A1)+             MEMF_CLEAR und MEMF_PUBLIC
fc51ac move.l  (A2),A0              Zeiger auf DeviceNode-
                                    Name (z.B. CARD:)
fc51ae bsr.l   $fc5248              String-Länge holen
fc51b2 move.l  D0,(A1)+             Länge eintragen
fc51b4 move.l  D1,(A1)+             MEMF_CLEAR und MEMF_PUBLIC
fc51b6 move.l  4(A2),A0             Zeiger auf Device-Name
                                    (z.B. ramdrive.device)
fc51ba bsr.l   $fc5248              String-Länge holen
fc51be move.l  D0,(A1)+             Länge eintragen
fc51c0 move.l  A7,A0                Zeiger auf MemList-Strukt.
fc51c2 jsr     -222(A6)             AllocEntry()
fc51c6 lea     56(A7),A7            Platz im Stapel freigeben
fc51ca btst    #31,D0               Fehler beim AllocEntry?
fc51ce bne.s   $fc5244              Ja, Ende
fc51d0 move.l  D0,A4                Zeiger auf MemList-Strukt.
fc51d2 move.l  16(A4),A3            Zeiger auf DeviceNode
fc51d6 move.l  40(A4),A1            Zeiger auf Speicher für
                                    DeviceNode-Name
fc51da move.l  (A2),A0              Zeiger auf DeviceNode-Name
fc51dc bsr.l   $fc525a              Name in Speicher kopieren
fc51e0 move.l  D0,40(A3)            Zeiger auf Name eintragen
fc51e4 move.l  48(A4),A1            Zeiger auf Speicher für
                                    Device-Name
fc51e8 move.l  4(A2),A0             Zeiger auf Device-Name
fc51ec bsr.l   $fc525a              Name in Speicher kopieren
fc51f0 move.l  24(A4),A0            Zeiger auf Speicher für
                                    FileSysStartupMsg-Struktur
```

```
fc51f4 move.l  D0,4(A0)              Zeiger auf Device-Name
                                     eintragen
fc51f8 move.l  8(A2),0(A0)           Unit-Nummer eintragen
fc51fe move.l  12(A2),12(A0)         Flags eintagen
fc5204 move.l  32(A4),A1             Zeiger auf Speicher für
                                     Environment-Table
fc5208 move.l  A1,D0                 Zeiger nach D0
fc520a lsr.l   #2,D0                 APTR => BPTR
fc520c move.l  D0,8(A0)              Zeiger auf Table eintragen
fc5210 move.l  A0,D0                 Zeiger auf FileSysStartup.
fc5212 lsr.l   #2,D0                 APTR => BPTR
fc5214 move.l  D0,28(A3)             Zeiger auf FileSysStartup.
                                     eintragen
fc5218 lea     16(A2),A0             Zeiger auf Environment-
                                     Table
fc521c move.l  (A0),D0               Anzahl der Langworte
fc521e move.l  (A0)+,(A1)+           Tabelle kopieren
fc5220 dbf     D0,$fc521e            Verzweige, wenn D0 <> -1
fc5224 move.l  #$00000258,20(A3)     Stack-Size für Task
                                     eintragen
fc522c move.l  #$0000000a,24(A3)     Priorität für Task
                                     eintragen
fc5234 moveq   #$38,D0               56 Bytes für MemList
fc5236 move.l  A4,A1                 Zeiger auf MemList
fc5238 jsr     -210(A6)              FreeMem() (MemList-Strukt.
                                     aus Speicher entfernen
fc523c move.l  A3,D0                 Zeiger auf DosNode-Strukt.
fc523e movem.l (A7)+,A6/A4-A2        Register zurückholen
fc5242 rts                           Rücksprung
```

Einsprung, wenn Fehler beim AllocMem.

```
fc5244 moveq   #$00,D0               Fehlermeldung nach D0
fc5246 bra.s   $fc523e               Rücksprung
```

Länge eines mit Null abgeschlossenen Strings holen. Zu der Länge wird 1 addiert, da vor dem String auch die Länge abgelegt werden soll.

```
>= A0 = Zeiger auf String
=> D0 = Anzahl der Buchstaben

fc5248 move.l  A0,D0                 Zeiger auf String
fc524a beq.s   $fc5258               Ende, wenn kein String
fc524c moveq   #$ff,D0               Max. Länge nach D0
fc524e tst.b   (A0)+                 Buchstabe = Null
fc5250 dbeq    D0,$fc524e            Weiter, wenn nicht Null
fc5254 not.l   D0                    Anzahl der Buchstaben
fc5256 addq.l  #2,D0                 Anzahl der Zeichen mit
                                     Null und Byte für Länge
fc5258 rts                           Rücksprung
```

String kopieren und Länge vor dem String eintragen.

```
>= A0 = Zeiger auf String
>= A1 = Zeiger auf Speicher für String

fc525a move.l  A0,D0              Zeiger auf String
fc525c beq.s   $fc5276            Ende, wenn kein String
fc525e addq.l  #1,A1              Zeiger auf Anfang der
                                  Buchstaben für Ziel
fc5260 moveq   #$ff,D0            Max. Anzahl der Buchstaben
fc5262 move.b  (A0)+,(A1)+        String kopieren
fc5264 dbeq    D0,$fc5262         Weiter, wenn nicht Ende
fc5268 move.l  D0,D1              Buchstaben Anz. negiert
fc526a not.l   D0                 Buchstaben Anzahl
fc526c lea     -1(A1,D1.L),A0     Zeiger auf Byte vor String
fc5270 move.b  D0,(A0)            Anzahl eintragen
fc5272 move.l  A0,D0              Zeiger auf String mit Anz.
fc5274 lsr.l   #2,D0              APTR => BSTR
fc5276 rts                        Rücksprung
```

Nachdem alle für die Erstellung der bootbaren RAM-Disk wichtigen Struktur und deren Initialisierung besprochen wurde, kann nun die eigentlichte Routine erleutert werden, die bootbare RAM-Disk zu einer solchen macht.

2.15.2 Die bootbare RAM-Disk

Die Routine wird beim Reset über eine Resident-Struktur aufgerufen, deren Priorität 20 beträgt. Um so wenig störend wie möglich zu wirken, wird diese Routine in den obersten RAM-Bereich des Chip-Memories gelegt. Wenn Sie Ihren Amiga nicht mit einer RAM-Erweiterung ausgestattet haben, verschiebt sich der Anfang der Routine auf $7E750, da ab $7E800 der System-Stack beginnt.

Die Routine geht davon aus, daß eine initialisierte Tabelle zum Erstellen der DeviceNode-Struktur existiert. Weiterhin muß eine ConfigDev-Struktur existieren, deren Node-Typ (ln_Type) ein Device angibt (NT_DEVICE). Der Typ der ExpansionRom-Struktur (er_Type) muß den Wert 16 (DAC_CONFIGTIME) besitzen. Die vier reservierten Bytes innerhalb der ExpansionRom-Struktur (er_Reserved0c bis er_Reserver0f) sind ein Zeiger auf initialisierte DiagArea-Struktur.

```
struct DiagArea {

   UBYTE da_Config;        /* = 16  */
   UBYTE da_Flags;         /* = 00  */
   UWORD da_Size;          /* = 00  */
   UWORD da_DiagPoint;     /* = 00  */
   UWORD da_BootPoint;     /* = Offset für BootProg        */
                           /*   siehe dokumentation $7FFEA */
   UWORD da_Name;          /* = Offset für String          */
```

```
    UWORD da_Reserved01;        /* = 00  */
    UWORD da_Reserved02;        /* = 00  */
};
```

Um die Struktur erstellen zu können, ist eine Tabelle nötig.

ErstellTab: (Tabelle für MakeDosNode)

Jeder Eintrag hat Langwortgröße.

```
 0. Zeiger auf DeviceNode Name       = "CARD"
 1. Zeiger auf den Device-Namen      = "ramdrive.device"
 2. Unit-Nummer                      = 2
 3. Flags                            = 0
```

Ab hier beginnt der Environment-Table.

```
 4. Tabellengröße                    = 12
 5. Blockgröße                       = 128
 6. Sektororg.                       = 0
 7. Anzahl der Köpfe                 = 2
 8. Blöcke pro Sektor                = 1
 9. Blöcke je Track                  = 11
10. Reservierte Blöcke               = 2
11. Vorfaktor                        = 0
12. Interleave-Faktor                = 0
13. Erster Zylinder                  = 0
14. Letzter Zylinder                 = ?? (z.B. 10)
15. Anzahl der RAM-Puffer            = 5
16. Speichertyp der Puffer           = 0
```

Hier beginnt die Routine.

```
07ff50 movem.l A6/A2,-(A7)         Register retten
07ff54 move.l  $000004,A6          ExecBase holen
07ff5a move.l  Adresse(pc),A1      Adresse der RAM-Disk
07ff5e move.l  Size(pc),D0         Größe der RAM-Disk
07ff62 jsr     -204(A6)            AllocAbs()
07ff66 tst.l   D0                  Speicher belegt
07ff68 beq.s   $07ffe4             Verzweige, wenn Fehler
07ff6a lea     Device(pc),A1       Zeiger auf RAM-Device
07ff6e jsr     -432(A6)            AddDevice()
07ff72 lea     LibName(pc),A1      Zeiger auf ExpansionLib-
                                   Name
07ff76 moveq   #$22,D0             Version (34 = Kick 1.3)
07ff78 jsr     -552(A6)            OpenLibrary()
07ff7c tst.l   D0                  Zeiger auf Library
07ff7e beq.s   $07ffe4             Verzweige, wenn Fehler
07ff80 move.l  D0,A6               Zeiger auf Lib nach A6
07ff82 lea     ErstellTab(pc),A0   Zeiger auf Erstell-
                                   Tabelle für DeviceNode
07ff86 jsr     -144(A6)            MakeDosNode (Expansion)
07ff8a lea     74(A6),A0           Zeiger auf MountList
07ff8e movem.l A6/A0,-(A7)         Register retten
```

```
07ff92 move.l  $000004,A6             Zeiger auf ExecBase
07ff98 lea     mno_DevNode(pc),A1     Zeiger auf mno_DevNode
                                      (Eintrag in MountNode-
                                      Struktur)
07ff9c move.l  D0,(A1)                Zeiger auf DeviceNode
                                      eintragen
07ff9e beq.s   $07ffdc                Ende, keine DeviceNode
07ffa0 move.l  D0,A2                  DeviceNode nach A2
07ffa2 lea     FFSRes(pc),A1          Zeiger auf String
                                      "ffs.resource"
07ffa6 jsr     -498(A6)               OpenResource()
07ffaa tst.l   D0                     Resource gefunden?
07ffac beq.s   $07ffd2                Weiter, wenn nicht
                                      gefunden
```

Der folgende Teil wird nur durchlaufen, wenn eine Fast-Filing-System-Resource-Struktur existiert. Falls eine existiert, werden alle Zeiger in der DeviceNode-Struktur gesetzt, um einen entsprechenden Task zu initialisieren.

```
07ffae move.l  D0,A1                  Zeiger auf Resource => A1
07ffb0 move.l  34(A1),D0              Zeiger auf Segmentliste
07ffb4 tst.l   D0                     Segmentliste vorhanden?
07ffb6 beq.s   $07ffd2                Ende, wenn keine SegList
07ffb8 move.l  D0,32(A2)              SegListe in DeviceNode
                                      eintragen
07ffbc move.l  GlobVec(pc),36(A2)     GlobalVector eintragen
                                      (= Null)
07ffc2 move.l  #$000000d2,20(A2)      StackSize eintagen
07ffca move.l  #$0000000f,24(A2)      TaskPri. eintagen
07ffd2 move.l  (A7),A0                Zeiger auf MountList
07ffd4 lea     -372(PC)(=$7fe62),A1   Zeiger auf MountNode
07ffd8 jsr     -270(A6)               Enqueue()
07ffdc movem.l (A7)+,A1-A0            Register zurückholen
07ffe0 jsr     -414(A6)               CloseLibrary()
07ffe4 movem.l (A7)+,A6/A2            Register zurückholen
07ffe8 rts                            Rücksprung
```

Ab hier beginnt das beim Booten auszuführende Programm, das auch im Boot-Block der Diskette zu finden ist. Es wird von der ROM-Boot-Library aufgerufen.

```
BootProg:
07ffea lea     LibName(pc),A1         String "dos.library"
07ffee jsr     -96(A6)                FindResident()
07fff2 tst.l   D0                     Gefunden?
07fff4 beq.s   $07fffe                Nein, Ende
07fff6 move.l  D0,A0                  Zeiger auf Resource
07fff8 move.l  22(A0),A0              Zeiger auf Einsprung
07fffc jsr     (A0)                   DOS-Lib erstellen
```

Falls kein Fehler auftritt, wird der rts-Befehl nicht mehr durchlaufen.

07fffe rts

Nachdem die MountNode-Struktur initialisiert und in die Mount-Liste der Expansion-Library eingefügt wurde, wird die Reset-Routine weiter durchlaufen. Die Strap-Routine (die Routine, die von Laufwerk Null bootet), ist bei der Kickstart-Version 1.3 soweit geändert, daß nach dem 3. ungültigen Boot-Versuch von Disk die ROM-Boot-Library geöffnet und mit Offset -30 eingesprungen wird.

Die Routine, die dort ausgeführt wird, ermöglicht das Booten von einem externen Device oder der bootbaren RAM-Disk. Die Funktion ist in C geschrieben.

```
ROM-Boot-Library  Offset -30:
>= A0 = Zeiger auf RomBootBase

feb178 movem.l A6,-(A7)             A6 retten
feb17c move.l  34(A0),A6            Zeiger auf RomBootBase
feb180 jsr     $feb18c
feb186 movem.l (A7)+,A6             A6 zurückholen
feb18a rts                          Rücksprung

feb18c movem.l A3-A2/D2,-(A7)       Register retten
feb190 pea     $0021                Versionsnummer = 33
feb194 pea     $feb1e8              Zeiger auf String
                                    "expansion.library"
feb19a jsr     $feb448              OpenLibrary()
feb1a0 move.l  D0,A3                Zeiger auf Expansion-Lib
feb1a2 move.l  A3,D2                Zeiger nach D2
feb1a4 addq.l  #8,A7                Stapel auf alten Wert
feb1a6 beq.s   $feb1de              Expansion-Lib nicht gefunden
feb1a8 lea     74(A3),A0            Zeiger auf MountList
feb1ac move.l  (A0),A2              Zeiger auf ersten Eintrag
                                    (MountNode)
feb1ae bra.s   $feb1d0              Unbedingter Sprung
feb1b0 move.l  16(A2),D0            Zeiger auf DeviceNode
feb1b4 beq.s   $feb1ce              Fehler, wenn keine DeviceNode
feb1b6 cmpi.b  #$10,8(A2)           mno_Type = DAC_CONFIGTIME ?
feb1bc bne.s   $feb1ce              Nein, Fehler
feb1be move.l  10(A2),D0            Zeiger auf ConfigDev
feb1c2 beq.s   $feb1ce              Fehler, wenn nicht vorhanden
feb1c4 move.l  D0,-(A7)             Zeiger auf ConfigDev in Stapel
feb1c6 jsr     $feb1fc              ConfigDev auswerten und
                                    gegebenenfalls booten
feb1cc addq.l  #4,A7                Stapel auf alten Wert
feb1ce move.l  (A2),A2              Neues Element aus Liste
                                    (MountNode)
feb1d0 tst.l   (A2)                 Element in Liste ?
feb1d2 bne.s   $feb1b0              Ja, auswerten
feb1d4 move.l  A3,-(A7)             Zeiger auf Expansion-Lib
feb1d6 jsr     $feb434              CloseLibrary()
feb1dc addq.l  #4,A7                Stapel auf alten Wert
feb1de moveq   #$00,D0              Rückmeldung (kein bootbares
                                    Device erreichbar)
feb1e0 movem.l (A7)+,A3-A2/D2       Register zurückholen
```

```
feb1e4 rts                                 Rücksprung

feb1e8 dc.l "expansion.library",0

feb1fc movem.l D2-D4,-(A7)                 Register retten
feb200 move.l  16(A7),A1                   Zeiger auf ConfigDev holen
feb204 moveq   #$00,D3                     D3 löschen
feb206 lea     16(A1),A0                   Zeiger auf ExpansionRom-Struk.
feb20a btst    #4,(A0)                     er_Type = DIAGVALID =
                                           DAC_CONFIGTIME
feb20e beq.s   $feb25e                     Ja, dann Device nicht bootbar,
                                           Ende
feb210 moveq   #$00,D0                     D0 löschen
```

Die folgende Teilroutine nimmt einzeln die Einträge er_Reserved0c bis er_Reserverd0f und schiebt diese zu einer Langwortadresse zusammen, die auf die DiagArea-Struktur zeigt.

Einfacher ist dies mit "MOVE.L 12(A0),D0".

```
feb212 move.b  13(A0),D0
feb216 moveq   #$10,D1
feb218 lsl.l   D1,D0
feb21a moveq   #$00,D1
feb21c move.b  12(A0),D1
feb220 move.l  D1,D2
feb222 moveq   #$18,D1
feb224 lsl.l   D1,D2
feb226 add.l   D2,D0
feb228 moveq   #$00,D1
feb22a move.b  14(A0),D1
feb22e lsl.l   #8,D1
feb230 add.l   D1,D0
feb232 moveq   #$00,D1
feb234 move.b  15(A0),D1
feb238 add.l   D1,D0

feb23a move.l  D0,A0                       Adresse nach A0
feb23c move.l  A0,D4                       A0 nach D4
feb23e beq.s   $feb25e                     Ende, wenn keine Adresse
                                           eingetragen
feb240 btst    #4,(A0)                     da_Type (in DiagArea)
                                           = DAC_CONFIGTIME ?
feb244 beq.s   $feb25e                     Nein, Ende
feb246 moveq   #$00,D0                     D0 löschen
feb248 move.w  6(A0),D0                    Offset für Boot-Einsprung
                                           (da_BootPoint)
feb24c move.l  A0,D1                       Zeiger auf DiagArea nach D1
feb24e add.l   D1,D0                       Offset addieren
feb250 move.l  D0,D0                       Hallo, ist da ein Sinn ??
feb252 beq.s   $feb25e                     Ende, wenn Offset ungültig
feb254 move.l  A1,-(A7)                    Zeiger auf ConfigDev in Stapel
feb256 move.l  D0,A0                       Zeiger auf Einsprung
feb258 jsr     (A0)                        Einspringen
```

Sollte kein Fehler auftreten, erfolgt kein Rücksprung.

```
feb25a move.l  D0,D3                    Rückgabewert nach D3
feb25c addq.l  #4,A7                    Stapel auf alten Wert
feb25e move.l  D3,D0                    Rückgabewert nach D0
feb260 movem.l (A7)+,D4-D2              Register zurückholen
feb264 rts                              Rücksprung
```

Bei $FEB258 wird in das Boot-Programm eingesprungen. Dieses Programm erstellt die DOS-Library und kehrt von dort nicht mehr in die aufrufende Routine zurück. Das Programm, das das Erstellen der DOS-Library startet, beginnt bei der hier besprochenen und dokumentierten RAM-Disk bei $7FFEA.

Wen das Erstellen der DOS-Library und der Start des DOS interessiert, kann dies im DOS-Kapitel nachlesen. Soviel zur Erklärung der bootbaren RAM-Disk, deren Funktion bestimmt nicht als leichtverständlich einzustufen ist. Wir hoffen, daß Sie mit den hier dargelegten Informationen in der Lage sind, sie zu verstehen und gegebenenfalls ein eigenes bootbares Device zu schreiben.

[illegible]

[illegible]

Bei SUCCESS [illegible] eingetragen. Dieses Programm [illegible] die DOS-Library [illegible] nicht mehr in die aufrufende Routine zurück. Das Programm, das dann die DOS-Library startet, beginnt bei der [illegible] Einsprungadresse und [illegible] RAM-Disk [illegible].

Wen das Erstellen der DOS-[illegible] kann das im DOS-Kapitel nachlesen. [illegible] zur Erstellung der bootbaren RAM-Disk, deren Funktion [illegible] lich einzustellen ist. Wir hoffen, daß Sie [illegible] Informationen in der Lage sind, [illegible] ein eigenes bootbares Device zu schreiben.

3. Das AmigaDOS

Den für den Anwender wichtigsten Teil des Amiga-Betriebssystems stellt das DOS dar, was für Disc-Operating-System steht. Seine Aufgabe ist es, sämtliche Ein- und Ausgabe-Funktionen zu erledigen, wozu z.B. Disketten-Operationen oder Tastatur-Eingaben gehören.

Welchen Weg die Ein-/Ausgabe gehen soll, wird dem DOS beim Öffnen dieses Kanals über den Namen mitgeteilt, wie z.B. CON:, PRT: oder DF0:. In einer internen Liste des DOS, der device/volume-list, stehen diese Namen, anhand derer die Ein-/Ausgabe dann dem entsprechenden Handler zugeleitet wird.

Zusätzlich zu den fest eingebauten Standard-Handlern können weitere durch den Befehl MOUNT eingebunden werden, sofern diese in der MountList mit diesem Namen und den entsprechenden Parametern vermerkt sind. Der Handler bekommt diese Parameter vom DOS mitgeteilt, öffnet, wenn nötig, das entsprechende Device (z.B. PRT: = printer.device, SER: = serial.device usw.) und bearbeitet die entsprechende Funktion.

Was sich auf dieser Ebene abspielt, muß den Anwender bzw. das Anwenderprogramm nicht interessieren, da nur der Name und die Funktion angegeben werden. Im Rahmen dieses Buches sind die Interna aber natürlich doch interessant, so daß wir uns nun damit näher beschäftigen werden.

3.1 Vom CLI zur Hardware: Die DOS-Hierarchie

Die Aufgaben des DOS sind recht vielfältig. Es muß nicht nur den Anwender mit seinen Informationen versorgen, sondern auch den laufenden Programmen die Ressourcen des Rechners so gut wie möglich zur Verfügung stellen. Dies wird ja gerade durch das Multitasking zu einem recht komplexen Job.

Doch beginnen wir zuerst mit der Sicht des am Amiga sitzenden Anwenders, der das DOS bedient. Dieser Kontakt zum Rechner wird ja über das CLI hergestellt, wenn nicht der andere Teil des Betriebssystems, Intuition, verwendet wird.

3.1.1 Der erste Kontakt: Das CLI

Die Notwendigkeit eines alphanumerischen Kommando-Interpreters ist mit dem ersten Blick auf die Workbench des Amiga nicht ohne weiteres zu erkennen. Doch schon bald wird klar, daß dies ein unverzichtbares Werkzeug ist, wenn man mit dem Amiga wirklich arbeiten will.

Beim Einschalten des Rechners erscheint bekanntlich zuerst einmal ein CLI-Fenster, in dem die Meldung AmigaDOS ausgegeben wird. Hier zeigt sich also das DOS zu einem recht frühen Zeitpunkt, lange bevor die graphische Oberfläche sichtbar wird. Das CLI-Fenster bleibt nach der Initialisierung erhalten, sofern nicht in der Startup-Sequence der EndCLI-Befehl enthalten ist. Man kann dann also beginnen, den Amiga oder besser das AmigaDOS zu bedienen.

Alles, was sich jetzt abspielt, sind Ein-/Ausgabe-Operationen, die ja die Aufgabe des DOS darstellen. Angefangen von der Ausgabe der Texte auf dem Bildschirm über die Verwaltung der Tastatur-Eingaben bis hin zum Zugriff auf Disketten, wenn beispielsweise ein Programm geladen wird, sind alles vom DOS auszuführende Operationen.

Diese oben aufgeführten Operationen sind für das DOS eigentlich alle gleich. Es handelt sich doch immer nur um das Öffnen eines Ein-/Ausgabe-Kanals (Bildschirm, Tastatur, Diskettendatei) und das Lesen bzw. Schreiben aus bzw. in diesen Kanal. Diese Operationen sind zunächst einmal allgemeine Funktionen des DOS, welche in der DOS-Bibliothek enthalten sind.

3.1.2 Die DOS-Bibliothek

Die DOS-Bibliothek (dos.library) gehört zu den eingebauten Bibliotheken des Amiga, im Gegensatz etwa zur Intuition-Library, die auf Diskette liegt. Wird diese Bibliothek geöffnet, so wird sie also nicht von Diskette geladen, sondern aus dem ROM ins RAM kopiert. Die genaue Beschreibung dieser Bibliothek finden Sie als eigenes Kapitel in diesem Buch.

Die darin enthaltenen Funktionen dienen eigentlich nur zum Bedienen der Ein-/Ausgabe-Kanäle, deren Unterscheidung beim Öffnen durch den Kanalnamen getroffen wird. Danach werden alle Operationen über den zuständigen Handler bzw. das entsprechende File-System geleitet.

3.1.3 Handler

Was geschieht, wenn ein Anwender im CLI die Anweisung gibt, irgend etwas irgendwohin auszugeben? Nehmen wir hierzu ein Beispiel und verfolgen den Weg, den diese Anweisung durch die Tiefen des AmigaDOS durchläuft. Beginnen wir mit einem Beispiel, und zwar einer Ausgabe auf einem normalen Device:

```
1>echo "Hallo" >ser:
```

Nach der Eingabe dieser Zeile im CLI liest das CLI diese Zeile erst einmal durch. Dabei wird zweierlei ausgelöst: Die Standard-Ausgabe wird auf SER: gestellt, und das ECHO-Programm aus dem C-Ordner wird gestartet. Dieses bekommt als Parameter den Rest der Zeile übergeben bzw. einen Zeiger darauf. Es gibt dann lediglich den angegebenen Text "Hallo" an die Standard-Ausgabe weiter.

Das war eigentlich schon alles. Doch was geschieht im einzelnen bei der Umlenkung der Ausgabe auf SER:?

Gehen wir einmal davon aus, daß zu diesem Zeitpunkt noch keine Ein- oder Ausgabe auf der seriellen Schnittstelle stattgefunden hat. Diese muß also erst einmal geöffnet werden. Und das geht folgendermaßen vor sich:

Die Ein-/Ausgaben des AmigaDOS werden über sogenannte Handler geleitet. Diese Handler bearbeiten die Ein-/Ausgabekanäle, die dem Benutzer lediglich als Namen bekannt sind, wie z.B. SER:, PAR:, DFx: oder RAM:. Das DOS gibt an diese Handler, die als eigene Prozesse im Speicher liegen müssen, nur die nötigen Befehle weiter, den Rest besorgt der Handler. Die Befehle vom DOS an den Handler und die Rückmeldungen werden in Form von DOS-Packets übermittelt, die auf einer Message-Struktur aufliegen. Der genaue Aufbau der Packets wird in einem späteren Kapitel näher erläutert.

In unserem Beispiel wird also vom DOS ein Handler benötigt. In seiner internen Device-Liste sieht es somit nach, welcher Handler zu der Kennung SER: gehört. Sollte es hier nichts finden, so würden die Einträge in der MountList überprüft; ist dies auch erfolglos, kommt der beliebte Requester "Please insert volume xxx in any drive".

Aber in unserem Beispiel hat das DOS ja schon bei der internen Liste Glück und findet heraus, daß der Port-Handler für das SER:,also die serielle Schnittstelle zuständig ist. Dieser Handler liegt auf der SYS:-

Diskette, von der der Rechner gebootet wurde, im L-Ordner. Von dort wird er geladen und gestartet.

Nach dessen Initialisierung wird ihm dann der Befehl übermittelt, einen Ausgabekanal zur Verfügung zu stellen. Dies findet in Form eines Packets des Typs ACTION_FIND_OUTPUT statt. Der Handler stellt nun fest, daß noch kein Ausgabe-Kanal zur Verfügung steht. Er lädt also das zur seriellen Schnittstelle gehörende Device (serial.device) nach und initialisiert dies. Ist dies ordnungsgemäß geschehen, so meldet es das Device dem Handler, der daraufhin das Antwortfeld des DOS-Packets mit einer OK-Meldung ausfüllt und an das DOS zurückschickt. Das DOS gibt daraufhin dem aus dem zurückgekommenen Packet entnommenen Status der Operation, also das OK, an den aufrufenden Prozeß weiter.

Aus diesem kompliziert anmutenden Ablauf wird eine klare Hierarchie deutlich. Von einem Programm, das über das DOS auf die serielle Schnittstelle zugreift, sind es mehrere Schritte bis zur Hardware:

```
Software ==> Hardware-Programm => DOS ==> Handler => Device => I/O-Chip (CIA)
```

Der Nachteil dieser Methode gegenüber der "normalen", daß das DOS direkt auf die Hardware-Rescourcen des Rechners zugreift, ist klar ersichtlich: Das Ganze kostet seine Zeit. Dem stehen jedoch große Vorteile gegenüber, wie z.B. die mögliche Verteilung der verschiedenen Aufgaben auf mehrere Programmteile (Handler, Device und DOS) sowie die enorm offene Architektur des Amiga. Stellen Sie sich vor, es wird ein neuer Ein-/Ausgabekanal durch den Einbau einer neuen Hardware verfügbar: es muß dann lediglich ein passendes Device und/oder ein neuer Handler geschrieben werden, und schon ist die Sache voll kompatibel!

Kommen wir nun zu den Arten von Handlern, die nicht nur einen bloßen Datenstrom verwalten können: den File-Systemen.

3.1.4 File-Systeme

File-Systeme wie DFx: oder RAM: unterscheiden sich von normalen Handlern dadurch, daß sie nicht nur einen sequentiellen Datenstrom verwalten können, sondern auch einen direkten Datenzugriff bieten. Dazu kommt noch der Unterschied, daß zusätzlich zum Device-Namen wie DF0: noch ein Pfadname bzw. Filename angegeben werden kann bzw. muß. Handler sind also eine Untermenge der File-Systeme.

Der Vorgang der Auswertung der DOS-Pakete ist zunächst einmal der gleiche wie bei normalen Handlern, da der Teil des Namens nach dem Doppelpunkt nicht beachtet wird. Ist jedoch das entsprechende Device geöffnet und initialisiert, wird der Filename ausgewertet.

Die beiden standardmäßig vorhandenen File-Systeme DFx: und RAM: unterscheiden sich in einem wichtigen Punkt voneinander: der RAM:-Handler benötigt kein Device für seine Arbeit, da er direkt mit dem Speicher arbeitet. Für den DFx:-Handler ist dagegen das Trackdisk-Device nötig, um die Verbindung zur Hardware herzustellen. Somit ist der RAM:-Handler, welcher ja auch nicht im ROM, sondern im L-Ordner liegt, ein etwas ungewöhnliches Exemplar.

3.1.5 Devices

Wenn nun der Handler sich entschieden hat, welche Art von Ein-/Ausgabekanal er zu bearbeiten hat, ruft er das dafür zuständige Device auf. Diese Devices sind also die Programme, die schließlich den direkten Zugriff auf die Hardware des Amiga haben. Der Handler (bzw. das File-System) sendet das vom Programm erhaltene Paket in geeigneter Form an das Device weiter. Hat das Device seine Aufgabe erledigt, z.B. einige Zeichen über die serielle Schnittstelle abgeschickt, so meldet dies der Handler durch Zurücksenden des Packets ans DOS.

3.2 Die DOS-Bibliothek

Die vielfältigen Funktionen, die auf der oberen DOS-Ebene verfügbar sind, werden dem Benutzer in Form einer Bibliothek zugänglich gemacht, die ähnlich der EXEC-Bibliothek aufgebaut ist.

Ebenso wie die EXEC-Bibliothek befindet sich die DOS-Bibliothek nicht als Datei auf der Diskette wie z.B. die Intuition-Library. Dennoch muß sie vor der Benutzung erst einmal geöffnet werden, damit man den Zugriff zum DOS bekommt. Bei diesem Vorgang bekommt das öffnende Programm über eine Zeigertabelle Zugang zu den DOS-Funktionen.

3.2.1 Laden der DOS.LIBRARY

Will ein Programm eine Funktion der DOS-Bibliothek nutzen, so muß es diese erst einmal öffnen. Dafür wird eine Funktion des EXEC verwendet, die den Namen OldOpenLibrary trägt. Dieser Funktion wird ein Zeiger auf den Namen der Bibliothek übergeben, der in Kleinbuchstaben vorliegen und mit einem Null-Byte abgeschlossen sein muß. Es kann auch die Funktion OpenLibrary verwendet werden, der ein weiterer Parameter übergeben werden muß: die gewünschte Version der Bibliothek. Ist die Versionsnummer der Bibliothek größer oder gleich dieser Nummer, so wird diese geöffnet. Aus diesem Grund wird üblicherweise hier eine Null eingetragen, damit die Version keine Rolle spielt.

In C gestaltet sich dies recht einfach. Durch die Zeile

```
DOSBase = OpenLibrary ("dos.library",0);
```

erhält man von EXEC in DOSBase einen Zeiger auf die DOS-Bibliothek übergeben, mit dem man dann die DOS-Funktionen aufrufen kann. Der Zeiger muß dabei nicht weiter verwendet werden, da der C-Compiler dies übernimmt. Lediglich die Kontrolle, ob das DOS ordnungsgemäß geöffnet wurde, kann durch Überprüfen des Rückgabewertes geschehen: Er ist Null, wenn ein Fehler aufgetreten ist. Dies kann etwa so aussehen:

```
if (DOSBase == 0) exit (DOS_OPEN_ERROR);
```

In Maschinensprache ist dies nicht ganz so einfach, aber dennoch leicht zu überschauen. Das Öffnen der DOS-Bibliothek wird etwa folgendermaßen programmiert:

```
EXEC_Base          =   4
OldOpenLibrary     = -408

  move.l  EXEC_Base,a6  ;Zeiger auf EXEC-Base in A6
  lea     DOS_Name,a1   ;Zeiger auf Bibliotheksnamen
  jsr     OldOpenLibrary(a6)   ;Bibliothek öffnen
  move.l  d0,DOS_Base   ;Zeiger auf DOS-Base retten
  beq     error         ;Fehler aufgetreten...

error:      ;Fehlerbehandlung...

DOS_Base:   dc.l   0   ;Platz für DOS-Basis
DOS_Name:   dc.b  "dos.library",0
```

Der in D0 erhaltene Zeiger wird für jeden folgenden Aufruf einer DOS-Funktion benötigt. Hat das Öffnen der Bibliothek nicht funktioniert, so wird in D0 eine Null zurückgegeben und in diesem Programm in die Fehlerbehandlungsroutine "error" verzweigt.

Die DOS-Bibliothek wird also von obigem Programm durch den Zeiger verfügbar gemacht. Sie ist ähnlich wie die EXEC-Bibliothek aufgebaut und wird daher auf die gleiche Art und Weise bearbeitet. Die Einsprung-Adressen der einzelnen Funktionen liegen unterhalb der in DOS_Base liegenden Basisadresse und werden daher auch mit negativen Offsets aufgerufen.

3.2.2 Funktionsaufruf und Parameterübergabe

Für den Aufruf einer DOS-Funktion werden außer der Adresse der Funktion selbst meist noch einige Parameter benötigt, die übergeben werden müssen. Diese werden in den Prozessor-Datenregistern D1 bis D4 übergeben.

Ein Beispiel: Um ein einfaches Fenster zu öffnen, wird die DOS-Funktion Open() verwendet. Es werden folgende Parameter benötigt:

- Ein Zeiger auf den Namen der zu öffnenden Datei, der mit einem Null-Byte endet, im Register D1. Für unser Beispiel wird als Name die Fensterdefinition CON: mit den entsprechenden Parametern eingesetzt.
- Die Angabe des Zugriffsmodus wird in D2 verlangt. Dieser Modus gibt an, ob es sich um eine neu anzulegende oder eine bereits existierende Datei handelt. Für das im Beispiel zu öffnende Fenster wird der Modus "alt" übergeben, damit aus dem Fenster auch gelesen werden kann.

Das Maschinenprogramm für dieses Beispiel sieht dann etwa so aus:

```
Open       =    -30
Mode_old   =    1005

...
  move.l  #FileName,d1      ;Zeiger auf Datei-Definition
  move    #Mode_old,d2      ;Modus: alt
  move.l  DOS_Base,a6       ;DOS-Basisadresse in A6
  jsr     Open(a6)          ;Datei (Fenster) öffnen
  move.l  d0,ConHandle      ;Datei-Handle-Zeiger retten
```

```
    beq     error                ;Fehler aufgetreten!
    ...
ConHandle:  dc.l 0 ;Platz für Datei-Handle
FileName:   dc.b "CON:10/10/620/200/** Test-Fenster **",0
```

Auf die genaue Verwendung des Standard-Kanals CON: wird in einem späteren Kapitel genauer eingegangen.

3.2.3 Die DOS-Funktionen

In diesem Kapitel werden nun alle DOS-Funktionen aufgeführt. Die Offsets werden ebenso angegeben wie die Register, in denen die verschiedenen Parameter übergeben werden müssen.

3.2.3.1 Allgemeine Ein-/Ausgabe-Funktionen

Open — Datei öffnen

```
Handle  =  Open (Name, Modus)
  D0        -30  D1    D2
```

Öffnet die Datei, deren Definition als mit einem Null-Byte abgeschlossener Text vorliegt, auf den D1 zeigt.

Der Modus in D2 kann Mode_readwrite (1004 bei DOS 1.2) für Ein-/Ausgaben, Mode_old (1005) für Eingaben aus oder Mode_new (1006) für Ausgaben in die Datei sein.

In D0 wird ein Zeiger auf die Filehandle-Struktur zurückgegeben oder eine Null, wenn die Funktion nicht ausgeführt werden konnte. Die Filehandle-Struktur hat folgenden Aufbau:

Offset	Name	Bedeutung
0	Link	Unbenutzt.
4	Interact	Wenn <> 0, ist die Datei interaktiv.
8	ID	Identifikationsnummer der Datei.
12	Buffer	Zeiger auf intern benötigten Speicher.
16	CharPos	Aktuelle Position im Puffer (intern benötigter Zeiger).
20	BufEnd	Zeiger auf Ende des Puffers (intern benötigter Zeiger).
24	ReadFunc	Zeiger auf Routine, die bei geleertem Puffer aufgerufen wird.

28	WriteFunc	Zeiger auf die Routine, die bei gefülltem Puffer aufgerufen wird.
32	CloseFunc	Zeiger auf die Routine, die beim Schließen der Datei aufgerufen wird.
36	Argument1	
40	Argument2	Dateityp-abhängige Argumente.

Die meisten Einträge sind für die interne Verwendung des AmigaDOS vorgesehen. Diese Werte sollten nicht manipuliert werden.

Close — Datei schließen

```
Close ( Handle )
 -36    D1
```

Schließt die mit Open geöffnete Datei. Der in D1 übergebene Zeiger ist der von der Open-Funktion erhaltene Zeiger auf die Filehandle-Struktur.

Read — Daten lesen

```
Anzahl = Read ( Handle, Buffer, Länge);
 D0      -42    D1      D2      D3
```

Liest aus der mit "Handle" spezifizierten Datei bis zu "Länge" Bytes in den Speicher ab Adresse "Buffer".

Der in D0 zurückgegebene Wert gibt die Anzahl der wirklich gelesenen Bytes an. Ist diese Zahl 0, so wurde das Ende der Datei erreicht. Tritt ein Fehler auf, so wird -1 zurückgegeben.

Write — Daten schreiben

```
Anzahl = Write ( Handle, Buffer, Länge )
 D0      -48     D1      D2      D3
```

Schreibt in die mit "Handle" spezifizierte Datei "Länge" Bytes aus dem Speicher ab Adresse "Buffer".

In D0 wird die Anzahl der Bytes zurückgegeben, die wirklich geschrieben wurden. Ist dieser Wert -1, so ist ein Fehler aufgetreten.

Seek **Dateizeiger verstellen**

```
Position = Seek ( Handle, Abstand, Modus )
D0         -66    D1      D2       D3
```

Diese Funktion verstellt den internen Zeiger in der mit "Handle" spezifizierten Datei. Der "Modus" bestimmt, ob der in "Abstand" angegebene Wert den Zeiger relativ zum Dateianfang, zur aktuellen Position oder zum Dateiende verstellen soll. Dieser Wert wird von dort aus vorzeichenrichtig gerechnet, so daß auch rückwärts verschoben werden kann.

Die möglichen Modi sind:

```
OFFSET_BEGINNING   -1
OFFSET_CURRENT      0
OFFSET_END          1
```

Der Rückgabewert gibt die nach der Ausführung der Funktion aktuelle Position des Zeigers an. Um die momentane Position des Zeigers festzustellen, kann somit einfach der Modus "relativ zur aktuellen Position" (OFFSET_CURRENT) eingestellt und um 0 Bytes verschoben werden: Die zurückgegebene Position ist gleich der alten.

Input **Standard-Eingabekanal ermitteln**

```
Handle = Input ()
D0       -54
```

Diese Funktion ermittelt das Handle des Kanals, aus dem die standardmäßigen Eingaben gelesen werden können. Dies ist in dem Fall, wenn das Programm vom CLI aus aufgerufen wurde, das Handle des CLI-Fensters. Wird im CLI-Kommando, das das Programm aufgerufen hat, von der Möglichkeit der Datenumlenkung Gebrauch gemacht, so wird das Handle des gewählten Kanals ermittelt, z.B.:

```
>Programmname <DF0:Dateiname
```

läßt die mit Read() erfolgenden Eingaben innerhalb des aufgerufenen Programms aus der Datei "Dateiname" erfolgen.

Output

Standard-Ausgabekanal ermitteln

```
Handle = Output ()
```

Diese Funktion ermittelt das Handle des Kanals, in den die standardmäßigen Ausgaben geschrieben werden können. Dies ist im Fall, daß das Programm vom CLI aus aufgerufen wurde, das Handle des CLI-Fensters. Auch hier kann die standardmäßige Ausgabe verstellt werden, wie z.B.

```
>Programmname >PRT:
```

die Standard-Ausgaben des aufgerufenen Programms zum Drucker schickt.

Wait

Auf Empfang eines Zeichens warten

```
Status = WaitForChar ( Handle, Timeout )
D0       -204          D1      D2
```

Diese Funktion wartet die in "Timeout" angegebene Anzahl von Mikrosekunden auf den Empfang eines Zeichens aus dem mit "Handle" spezifizierten Kanal (z.B. RAW:-Fenster, warten auf Tastendruck). Wird in dieser Zeit kein Zeichen empfangen, so wird in "Status" eine 0 zurückgegeben, andernfalls der Wert -1. Das Zeichen kann dann mit der Read-Funktion ausgelesen werden.

Die Funktion ist nur verfügbar, wenn es sich bei dem Kanal um einen interaktiven Kanal handelt (virtuelles Terminal), wie z.B. ein RAW:-Fenster, in dem Ein- und Ausgaben gleichermaßen stattfinden können und die Daten nicht unbedingt sofort auf Anforderung kommen.

IsInteractive

Kanal-Typ ermitteln

```
Status = IsInteractive ( Handle )
D0       -216            D1
```

In "Status" wird TRUE (-1) zurückgegeben, wenn es sich bei dem mit "Handle" spezifizierten Kanal um ein virtuelles Terminal handelt, mit dem Ein- und Ausgaben stattfinden können. Andernfalls erhält man FALSE (0) zurück.

IoErr — Ein-/Ausgabefehler ermitteln

```
Error = IoErr ()
D0      -132
```

Wird nach dem Aufruf einer Funktion ein Fehler signalisiert, meist durch eine Null als Rückgabewert in D0, so kann durch den Aufruf von IoErr() die genaue Fehlermeldung ermittelt werden. D0 enthält dann die Nummer des zuvor aufgetretenen Fehlers (vergl. WHY-Kommando des CLI).

Eine Auflistung der Fehlerwerte finden Sie in einem späteren Kapitel.

3.2.3.2 Disketten-Operationen

Die folgenden DOS-Funktionen beziehen sich auf die Verwaltung von Filing-Systemen. Die Überschrift ist daher auf die üblichste Art von Filing-Systemen bezogen: auf Disketten.

CreateDir — Unter-Directory erstellen

```
Lock = CreateDir ( Name )
D0     -120        D1
```

Es wird das Unter-Directory "Name" im aktuellen Directory erstellt.

Der Rückgabewert stellt einen Zeiger auf eine Datei-Struktur (Lock) dar, die folgenden Aufbau hat:

0	NextBlock	Zeiger auf nächsten, mit diesem verketteten Lock oder Null.
4	DiskBlock	Block-Nummer des Directories bzw. des File-Headers.
8	AccessType	Zugriffstyp: -1= exklusiver, -2= allgemeiner Zugriff
12	ProcessID	Identifikationsnummer.
16	VolNode	Zeiger auf Disketten-Info.

Diese Struktur stellt sozusagen den Schlüssel zu dieser Datei bzw. dem Unter-Directory dar, da mit ihr auf diese zugegriffen werden kann. (vergl. MAKEDIR-Kommando des CLI).

Lock

Dateischlüssel ermitteln

```
lock = Lock ( Name, Modus )
D0     -84    D1    D2
```

Es wird eine Datei oder ein Unter-Directory mit Namen "Name" auf der Diskette gesucht und dafür eine Struktur erzeugt. Der Modus bestimmt, welcher Art der Zugriff auf diese Datei sein soll. Ist er Lesen (-2), so kann aus dieser Datei von mehreren Tasks gelesen werden, ist er Schreiben (-1), kann nur dieses Programm in die Datei schreiben.

CurrentDir

Unter-Directory zum aktuellen erheben

```
oldLock = CurrentDir ( Lock )
D0        -126         D1
```

Das durch "Lock" spezifizierte Unter-Directory wird zum aktuellen Directory erhoben (siehe CD-Befehl des CLI).

Der zurückgegebene Wert stellt den Zeiger auf das vorher aktuelle Directory bzw. dessen Lock dar.

ParentDir

Übergeordnetes Directory ermitteln

```
Lock_neu = ParentDir ( Lock )
D0         -210        D1
```

Das dem mit "Lock" angegebenen Directory übergeordnete Directory wird ermittelt und dessen Lock in D0 zurückgegeben. Gehörte "Lock" bereits zum obersten Directory (Root-Directory), so wird in D0 eine Null zurückgegeben.

DeleteFile

Datei löschen

```
Status = DeleteFile ( Name )
D0       -72          D1
```

Die Datei mit dem angegebenen Namen wird gelöscht. Der Name muß als mit einem Null-Byte abgeschlossener Text vorliegen. In D0 wird eine Fehlermeldung zurückgegeben, wenn die Funktion nicht ausge-

führt werden konnte (Datei nicht vorhanden, Datei schreibgeschützt, Directory nicht leer etc.).

Wird ein Unter-Directory zum Löschen angegeben, so dürfen in diesem keine Einträge mehr vorhanden sein.

Rename — Datei umbenennen

```
Status = Rename ( Name_alt, Name_neu )
 D0        -78       D1        D2
```

Die Datei oder das Directory mit dem in "Name_alt" angegebenen Namen wird umbenannt. Sollte eine Datei mit dem neuen Namen bereits existieren, so wird abgebrochen und ein Fehler zurückgegeben.

Die beiden Namensangaben können auch eine Pfadangabe enthalten. In diesem Fall wird die Datei vom alten in das neue Directory mit dem neuen Namen gebracht. Dies funktioniert allerdings nur auf ein und derselben Diskette.

DupLock — Lock kopieren

```
newLock = DupLock ( Lock )
 D0         -96       D1
```

Die alte Lock-Struktur wird in eine neue kopiert. D0 zeigt dann auf die neue Struktur. Dies kann verwendet werden, wenn mehrere Prozesse auf diese Datei zugreifen sollen. Es kann jedoch kein Lock kopiert werden, der nur zum Schreiben zugelassen ist, da dieser ohnehin nur für den exklusiven Zugriff zugelassen ist.

UnLock — Lock entfernen

```
UnLock ( Lock )
 -90      D1
```

Die Lock-Struktur, die mit Lock(), DupLock() oder CreateDir() erstellt wurde, wird entfernt und belegter Speicher wieder freigegeben.

Examine — Datei-Informationen holen

```
Status = Examine ( Lock, InfoBlock )
  D0      -102      D1      D2
```

Die Struktur, auf die D2 zeigt, wird mit Informationen über die durch Lock spezifizierte Datei gefüllt. Diese Struktur wird FileInfoBlock genannt und ist folgendermaßen aufgebaut:

Offset	Name	Bedeutung
0	DiskKey.L	Diskettennummer.
4	DirEntryType.L	Eintragstyp (+=Directory, -=Datei).
8	FileName	108 Bytes mit dem Dateinamen.
116	Protection.L	Datei geschützt?
120	EntryType.L	Eintragstyp.
124	Size.L	Dateilänge in Bytes.
128	NumBlocks.L	Anzahl der damit belegten Blocks.
132	Days.L	Erstellungsdatum.
136	Minute.L	Erstellungszeit.
140	Tick.L	Erstellungszeit.
144	Comment	116 Bytes mit Kommentar.

0 enthält Null, wenn die Funktion nicht ausgeführt werden konnte.

ExNext — Nächsten Directory-Eintrag ermitteln

```
Status = ExNext ( Lock, InfoBlock )
  D0      -108     D1     D2
```

Dieser Funktion wird der mit Examine() gefüllte InfoBlock sowie der Lock des gewählten Directories übergeben. Es werden nun die Informationen des ersten passenden Eintrages dieses Directories in den InfoBlock eingetragen. Bei einem weiteren Aufruf von ExNext() wird dann jeweils der nächste passende Eintrag dieses Directories gesucht, und dessen Informationen werden zurückgegeben. Ist kein weiterer Eintrag mehr zu finden oder ein sonstiger Fehler aufgetreten, wird in D0 Null zurückgegeben.

Mit den Befehlen Lock(), Examine() und ExNext() kann das Inhaltsverzeichnis einer Diskette ausgelesen werden. Der Weg ist folgender:

1. Mit Lock() wird der Schlüssel zum gewünschten Directory erstellt.

2. Mit Examine() kann nun der Directory-Name bzw. der Name der Diskette ermittelt werden. Gleichzeitig wird der FileInfoBlock erstellt, der für die nächste Funktion benötigt wird.
3. Durch mehrmaligen Aufruf der ExNext()-Funktion werden nun die einzelnen Einträge des Directories ausgelesen und deren Informationen im FileInfoBlock eingetragen. Dies wird so oft wiederholt, bis die ExNext()-Funktion eine Null zurückgibt: Keine weiteren Einträge mehr vorhanden!

Hier ein kleines Maschinen-Programm, das diese Schritte ausführt. Die aufgerufene Print-Routine ist hier nicht aufgeführt, sie könnte z.B. den Namen und die Länge der momentan ausgelesenen Datei auf dem Bildschirm ausgeben. Vor dem Aufruf dieser Routine muß die DOS-Bibliothek geöffnet werden und die DOS-Basisadresse in "dosbase" abgelegt werden.

```
Lock      = -84
Examine   = -102
ExNext    = -108
IoErr     = -132

  ...
  directory:                          ;* Inhaltsverzeichnis von DF0:
  move.l  dosbase,a6                  ;DOS-Basisadresse in A6
  move.l  #name,d1                    ;Zeiger auf Pfad-/Dateiname
  move.l  #-2,d2                      ;Modus 'Lesen'
  jsr     Lock(a6)                    ;Datei suchen
  tst.l   d0                          ;Gefunden?
  beq     Error                       ;Nein!
  move.l  d0,locksav                  ;Sonst Schlüssel retten

  move.l  dosbase,a6                  ;DOS-Basisadresse
  move.l  locksav,d1                  ;Schlüssel in D1
  move.l  #fileinfo,d2                ;Zeiger auf FileInfoBlock
  jsr     Examine(a6)                 ;Disk-Namen holen
  tst.l   d0                          ;OK?
  beq     error                       ;Nein (kommt kaum vor)
  bra     ausgeben                    ;Sonst Namen ausgeben

loop:                                 ;* Dateinamen auslesen
  move.l  dosbase,a6                  ;DOS-Basisadresse
  move.l  locksav,d1                  ;Schlüssel in D1
  move.l  #fileinfo,d2                ;Zeiger auf FileInfoBlock
  jsr     ExNext(a6)                  ;Nächste Datei suchen
  tst.l   d0                          ;Gefunden?
  beq     error                       ;Nein: Ende

ausgeben:                             ;* Namen ausgeben
  bsr     Print                       ;Namen etc. ausgeben/auswerten
  bra     loop                        ;und weitermachen...

error:                                ;* I/O-Status ermitteln
  move.l  dosbase,a6                  ;DOS-Basisadresse in A6
```

```
        jsr       IoErr(a6)                ;Status holen
        rts                                ;Ende...

name:             dc.b 'DF0:',0
        even
locksav:          blk.l 0
fileinfo:         blk.l 260
```

Nach der Beendigung dieser Routine wird in D0 der Fehler-Code zurückgegeben, der durch die IoErr()-Funktion ermittelt wurde. Dieser Code sollte 232 (no_more_entries) sein, andernfalls ist etwas schiefgegangen...

Info — Disketten-Informationen holen

```
Status = Info ( Lock, InfoData )
  D0     -104   D1    D2
```

Der Parameter-Block, auf den D2 zeigt, wird mit Informationen über die verwendete Diskette gefüllt. Dieser Block muß an einer Adresse beginnen, die durch 4 teilbar ist (Longword aligned).

Lock muß zur Diskette oder einer Datei bzw. einem Unter-Directory dieser Diskette passen.

Der Parameterblock InfoData hat folgenden Aufbau:

Offset	Name	Bedeutung
0	NumSoftErrors	Anzahl der Diskettenfehler.
4	UnitNumber	installierte Disketten-Einheit.
8	DiskState	Disketten-Status (s.u.).
12	NumBlocks	Anzahl der Blöcke auf der Diskette.
16	NumBlocksUsed	Anzahl der verwendeten Blöcke.
20	BytesPerBlock	Anzahl der Bytes pro Block.
24	DiskType	Disketten-Typ (s.u.).
28	VolumeNode	Zeiger auf Disketten-Namen.
32	InUse	<>0, wenn Diskette aktiv.

DiskState zeigt den Status der Diskette an. Dabei gibt es folgende Möglichkeiten:

80	Diskette ist schreibgeschützt.
81	Diskette wird gerade repariert (validating).
82	Diskette OK und beschreibbar.

DiskType enthüllt den Typ der Diskette als Text, wenn eine eingelegt ist. Die möglichen Werte sind:

-1	Keine Diskette eingelegt.
BAD	Diskette unlesbar (falsches Format).
DOS	DOS-Diskette.
NDOS	Format stimmt, keine DOS-Diskette.
KICK	Kickstart-Diskette.

SetComment — Datei-Kommentar setzen

```
Status = SetComment ( Name, Kommentar )
  D0       -180        D1      D2
```

Die Datei oder das Unter-Directory "Name" wird mit einem Kommentar versehen. Der Kommentar darf bis zu 80 Zeichen lang sein und muß mit einem Null-Byte enden.

SetProtection — Status setzen

```
Status = SetProtection ( Name, Maske )
  D0       -186           D1    D2
```

Der Schreib-/Lese-Status der Datei bzw. des Unter-Directories wird gesetzt. Die unteren 4 Bits der Maske haben folgende Bedeutungen:

Bit	Bedeutung, wenn gesetzt
0	Datei nicht löschbar.
1	Datei nicht ausführbar.
2	Datei nicht überschreibbar.
3	Datei nicht lesbar.

3.2.3.3 Prozeß-Verwaltung

CreateProc — Einen neuen Prozeß erstellen

```
Prozess = CreateProc ( Name, Pri, Segment, Stack )
  D0        -138         D1    D2    D3       D4
```

Es wird eine neue Prozeß-Struktur unter dem Namen erstellt, auf den D1 zeigt. Dieser Prozeß wird mit der in "Pri" angegebenen Prioritität laufen und einen Stack mit der Größe "Stack" erhalten.

In "Segment" wird ein Zeiger auf eine Segment-Liste übergeben (siehe auch LoadSeg), in der der zu startende Programm-Code definiert wird. Im ersten Segment der Liste sollte dann das Programm beginnen.

Das Ergebnis der Funktion ist die neue Prozeß-ID oder eine 0, wenn ein Fehler aufgetreten ist.

Um die Funktionsweise von CreateProc, das ja eine recht interessante Funktion darstellt, zu demonstrieren, hier ein kleines Programm, das ein Programm namens Programm_Name lädt und es als Prozeß mit dem Namen Prozess_neu startet (als Hintergrund-Prozeß!):

```
;*****  CreateProc-Demo    S.D.  *****

OpenLib      = -408
closelib     = -414
ExecBase     =    4

Open         = -30
Close        = -36
Read         = -42
Write        = -48
mode_old     = 1005

LoadSeg      = -150
UnLoadSeg    = -156
CreateProc   = -138

run:
   move.l   execbase,a6          ;Zeiger auf EXEC-Bibliothek
   lea      dosname(pc),a1
   moveq    #0,d0
   jsr      openlib(a6)          ;Open DOS-Library
   move.l   d0,dosbase
   beq      error

   move.l   #consolname,d1       ;Consol-Definition
   move.l   #mode_old,d2
   move.l   dosbase,a6
   jsr      open(a6)             ;Console öffnen
   beq      error
   move.l   d0,conhandle         ;Consol-Handle retten

   move.l   #name,d1
   jsr      LoadSeg(a6)          ;Programm laden
   tst.l    d0
   beq      error                ;Schiefgegangen!
   move.l   d0,segment           ;Zeiger auf Segmentliste retten
   move.l   #pname,d1            ;Zeiger auf Namen in D1
   move.l   #0,d2                ;Priorität in D2
   move.l   segment,d3           ;Zeiger auf Segmentliste in D3
   move.l   #3000,d4             ;Prozeß-Stack-Länge in D4
   jsr      CreateProc(a6)       ;Prozeß erstellen/starten
```

```
    beq     error                     ;Schiefgegangen!

    move.l  conhandle,d1
    move.l  #inbuff,d2                ;Buffer-Adresse
    move.l  #1,d3                     ;1 Zeichen
    move.l  dosbase,a6
    jsr     read(a6)                  ;Von Tastatur einlesen

    move.l  segment,d1
    jsr     UnLoadSeg(a6)             ;Neuen Prozeß weg

error:
    move.l  conhandle,d1              ;Fenster schließen
    move.l  dosbase,a6
    jsr     close(a6)

    move.l  dosbase,a1                ;DOS.Lib schließen
    move.l  execbase,a6
    jsr     closelib(a6)

    rts                               ;Das war's

dosbase:    dc.l 0
conhandle:  dc.l 0
segment:    dc.l 0
inbuff:     blk.b 8
consolname: dc.b 'RAW:100/50/300/100/** Haupt-Prozeß **',0
dosname:    dc.b 'dos.library',0
name:       dc.b 'Programm-Name',0
pname:      dc.b 'Prozess_neu',0
    even
```

Dieses Programm erzeugt also einen Prozeß. Auch in vorangegangenen Kapiteln war öfter die Rede von Prozessen. Was sind diese Prozesse eigentlich?.

Prozesse sind mit Tasks vergleichbar, die über Exec erstellt werden können. Wie bei den Tasks handelt es sich bei einem Prozeß um eine Struktur die zur Verwaltung eines Programms dient, das innerhalb des Multitasking-Systems arbeitet. Diese Prozeß-Strukturen werden, wie auch die Task-Strukturen, in den Exec-Task-Listen (TaskReady-Liste und TaskWait-Liste) eingetragen.

Der Unterschied zwischen Tasks und Prozessen ist der, daß Prozesse vom DOS erzeugt werden und dadurch auch, abgesehen von den Informationen für Exec, Informationen für das DOS beherbergen.

Es ist nicht verwunderlich, daß Prozeß-Strukturen innerhalb der Exec-Task-Listen zu finden sind, denn sie stellen lediglich eine Erweiterung zu der bekannten Task-Struktur dar.

Ein Prozeß wird immer dann kreiert, wenn ein Programm über das DOS geladen und gestartet wird (z.B. Starten eines CLI-Befehls). Sie können einen Prozeß auch "von Hand" erzeugen, indem Sie die DOS-Funktionen LoadSeg() und CreateProc() benutzen.

Die Prozeß-Struktur hat folgendes Aussehen:

```
struct Process {                          /*    Offsets      */
   struct Task  pr_Task;                  /* 00          $00 */
   struct MsgPort  pr_MsgPort;            /* 92  $5C  00 $00 */
   WORD  pr_Pad;                          /* 126 $7E  34 $22 */
   BPTR  pr_SegList;                      /* 128 $80  36 $24 */
   LONG  pr_StackSize;                    /* 132 $84  40 $28 */
   APTR  pr_GlobVec;                      /* 136 $88  44 $2C */
   LONG  pr_TaskNum;                      /* 140 $8C  48 $30 */
   BPTR  pr_StackBase;                    /* 144 $90  52 $34 */
   LONG  pr_Result2;                      /* 148 $94  56 $38 */
   BPTR  pr_CurrentDir;                   /* 152 $98  60 $3C */
   BPTR  pr_CIS;                          /* 156 $9C  64 $40 */
   BPTR  pr_COS;                          /* 160 $A0  68 $44 */
   APTR  pr_ConsoleTask;                  /* 164 $A4  72 $48 */
   APTR  pr_FileSystemTask;               /* 168 $A8  76 $5C */
   BPTR  pr_CLI;                          /* 172 $AC  80 $60 */
   APTR  pr_ReturnAddr;                   /* 176 $B0  84 $64 */
   APTR  pr_PktWait;                      /* 180 $B4  88 $68 */
   APTR  pr_WindowPtr;                    /* 184 $B8  92 $6C */
};
```

Sie werden sich wahrscheinlich wundern, weshalb bei dieser Struktur pro Eintrag nicht ein, sondern zwei Offsets angegeben wurden. Hierfür müssen Sie wissen, daß der Zeiger, der von CreateProc() zurückgegeben wird (der Zeiger auf den Prozeß), in Wirklichkeit ein Zeiger auf den Message-Port der oben gezeigten Prozeß-Struktur darstellt.

DOS "hantiert" intern mit zwei Zeigern. Einerseits ist dies der Zeiger auf den Anfang der Struktur (also der Zeiger auf die Task-Struktur) und zum anderen ein Zeiger auf den Message-Port (Offset 92) der Prozeß-Struktur. Von beiden Zeigern ausgehend wird mit entsprechenden Offsets auf die Struktur zugegriffen.

Damit Sie die Zugriffe auf die hinter der Task-Struktur stehenden Eintragungen, auf die meistens über den Zeiger auf den Message-Port zugegriffen wird, besser nachvollziehen können, haben wir beide Offsets angegeben.

Besprechung der Struktur:

pr_Task
Task-Struktur, wie sie bereits im Exec-Kapitel beschrieben wurde. Sie wird für die Organisation des Multitasking benötigt.

pr_MsgPort
Message-Port-Struktur, die ebenfalls im Exec-Kapitel abgehandelt wird. Sie dient als Port für den Prozeß, so daß an diesen Messages gesandt werden können, ohne auf der Prozeßseite weitere Initialisierungen vornehmen zu müssen. Über diesen Port werden hauptsächlich Packets gesandt. Wir kommen noch darauf zurück.

pr_Pad
Dieses Wort ist eingefügt, um die nachfolgenden Einträge auf Langwortadressen zu bringen.

pr_SegList
BPTR-Zeiger auf das Feld der Segmentlisten, die für den Prozeß benötigt werden.

pr_StackSize
Das hier abgelegte Langwort gibt die Länge des für den Prozeß zur Verfügung stehenden Stapels an.

pr_GlobVec
Zeiger auf die globale Vektor-Tabelle, die für den Prozeß erstellt wurde, sofern es sich um ein BCPL-Programm handelt.

pr_TaskNum
Nummer des geöffneten CLI. Es handelt sich dabei um die gleiche Nummer, die über den Prompt auf den Bildschirm ausgegeben wird. Sollte der Prozeß kein CLI sein, ist dieser Eintrag Null.

pr_StackBase
BPTR-Zeiger auf das obere Ende des für den Prozeß zur Verfügung stehenden Stapels.

pr_Result2
Das zweite Ergebnis des letzten Aufrufs eines DOS-Befehls, eine Fehlermeldung.

pr_CurrentDir
BPTR-Zeiger auf FileLock-Struktur, über die das aktuelle Directory angesprochen werden kann.

pr_CIS
BPTR-Zeiger auf den jetzigen CLI-Eingabe-Stream (Input-Stream).

pr_COS
BPTR-Zeiger auf den derzeitigen CLI-Ausgabe-Stream (Output-Stream).

pr_ConsoleTask
Zeiger auf Handler-Task für das aktuelle Console-Ausgabe-Fenster.

pr_FileSystemTask
Zeiger auf Handler-Task für das aktuelle Laufwerk.

pr_CLI
BPTR-Zeiger auf eine weitere Struktur, die nähere Angaben über das Aussehen des CLIs macht. Die Struktur wird noch besprochen.

pr_ReturnAddr

pr_PktWait
Hier ist der Zeiger auf eine eigene Routine eingetragen, die auf ein Packet wartet. Die Routine wird von der Funktion GetPacket() aufgerufen, sofern der Prozeß über eine eigene Wartefunktion verfügt.

pr_WindowPtr
Zeiger auf das benutzte Fenster. Er wird benötigt, falls der sonst verwendete Zeiger aufgrund eines Fehlers verlorengehen sollte.

Wie aus der Struktur erkennbar, steht bei Offset 172 der BPTR-Zeiger "pr_CLI". Er weist auf eine weitere Struktur. Die Struktur nennt sich CommandLineInterface und hat folgendes Aussehen:

```
struct CommandLineInterface {       /* Offsets */
  LONG cli_Result2;                 /* 00  $00 */
  BSTR cli_SetName;                 /* 04  $04 */
  BPTR cli_CommandDir;              /* 08  $08 */
  LONG cli_ReturnCode;              /* 12  $0C */
  BSTR cli_CommandName;             /* 16  $10 */
  LONG cli_FailLevel;               /* 20  $14 */
  BSTR cli_Prompt;                  /* 24  $18 */
  BPTR cli_StandardInput;           /* 28  $1C */
  BPTR cli_CurrentInput;            /* 32  $20 */
  BSTR cli_CommandFile;             /* 36  $24 */
  LONG cli_Interactive;             /* 40  $28 */
  LONG cli_Background;              /* 44  $2C */
  BPTR cli_CurrentOutput;           /* 48  $30 */
  LONG cli_DefaultStack;            /* 52  $34 */
  BPTR cli_StandardOutput;          /* 56  $38 */
  BPTR cli_Module;                  /* 60  $3C */
};
```

cli_Result2
Fehlermelung des letzten CLI-Aufrufs.

cli_SetName
BPTR-Zeiger auf den Namen des derzeitigen Directories.

cli_CommandDir
BPTR-Zeiger auf die FileLock-Struktur, über die auf das Verzeichniss der CLI-Befehle zugegriffen werden kann.

cli_ReturnCode
Rückgabewert des letzten CLI-Kommandos.

cli_CommandoName
Zeiger auf den Namen des gerade arbeitenden Befehls.

cli_FailLevel
Wert, der mit FAILAT angegeben wird.

cli_Prompt
Zeiger auf den Prompt-String.

cli_StandardInput
Zeiger auf die standardmäßige Eingabe (Tastatur).

cli_CurrentInput
Zeiger auf derzeitige Eingabe.

cli_CommandFile
Zeiger auf den Namen des Kommando-Files, das abgearbeitet wird (z.B. Startup-Sequence).

cli_Background
Hat den Wert 1, wenn CLI-Befehl mit RUN aufgerufen.

cli_CurrentOutput
Zeiger auf derzeitige Ausgabe.

cli_DefaultStack
Größe des zur Verfügung gestellten Stapels in Langworten.

cli_StandardOutput
Standardmäßige Ausgabe (Bildschirm).

cli_Module
Zeiger auf Segmentliste für derzeitig abgearbeiteten CLI-Befehl.

DateStamp

Datum und Uhrzeit ermitteln

```
DateStamp ( Vektor )
-192        D1
```

In D1 wird ein Zeiger auf eine Tabelle aus drei Langworten zurückgegeben. Ist die Zeit im Amiga nicht gesetzt, so enthalten all diese Langworte eine 0. Andernfalls enthält das erste Langwort die Anzahl der vergangenen Tage seit dem 1. Januar 1978, das zweite die Anzahl der seit Mitternacht vergangenen Minuten und das dritte die in dieser Minute vergangenen 50stel Sekunden. Dieser Wert ist jedoch immer ein Vielfaches von 50, so daß nur die Sekundenzahl*50 angegeben wird.

Delay

Laufenden Prozeß kurzzeitig stoppen

```
Delay ( Zeit )
-198    D1
```

Der laufende Prozeß wird um die in "Zeit" angegebene Anzahl von 50stel Sekunden angehalten.

DeviceProc

I/O verwendenden Prozeß ermitteln

```
Prozeß = DeviceProc ( Name )
D0       -174         D1
```

Die Identifikation des Prozesses, der momentan den mit "Name" angegebenen Ein-/Ausgabekanal verwendet, wird zurückgegeben oder eine 0, wenn kein Prozeß gefunden wurde.

Bezieht sich der Name auf einen auf Diskette liegenden Kanal, so kann mit der IoErr()-Funktion ein Zeiger auf die Lock-Struktur des entsprechenden Directories erhalten werden.

Exit **Programm beenden**

```
Exit ( Parameter )
-144   D1
```

Das laufende Programm wird beendet. War das Programm vom CLI aus aufgerufen worden, so wird diesem wieder die Kontrolle übergeben und der in "Parameter" übergebene Integer-Wert als Rückgabewert interpretiert. Wurde das Programm als Prozeß gestartet, so wird durch Exit() dieser Prozeß gelöscht und der durch ihn verwendete Stack-, Segment- und Prozeß-Speicherbereich wieder freigegeben.

Execute **CLI-Kommando aufrufen**

```
Status = Execute ( Kommando, Input, Output )
 D0       -222       D1       D2     D3
```

Das CLI-Kommando, das als Text vorliegt und auf das D1 zeigt, wird ausgeführt. Mit "Input" und "Output" können die Ein- und Ausgaben des CLI-Kommandos in irgendwelche Kanäle umgeleitet werden, deren Handle dann hier angegeben werden muß. Wird fürInput oder Output eine 0 angegeben, so wird der Standard-Kanal verwendet.

Mit diesem Kommando können Sie leicht ein eigenes CLI erstellen, welches z.B. ein eigenes Fenster öffnet und dann Execute() mit dem Fenster-Handle für Input und einem leeren Kommando-Text aufruft. Die Kommandos werden dann im Fenster eingegeben und die Ausgaben ebenfalls in dieses Fenster gebracht. Dieses eigene CLI kann auch mit dem ENDCLI-Befehl beendet werden, wobei sich das Programm RUN im C:-Directory befinden muß.

LoadSeg **Programmdatei laden**

```
Segment = LoadSeg ( Name )
 D0        -150       D1
```

Die Programmdatei "Name" wird in den Speicher geladen. Das Programm wird eventuell über mehrere Speichermodule verteilt, wenn nicht genug zusammenhängender Speicherplatz verfügbar ist. Die dadurch entstehenden Segmente werden untereinander verkettet, indem

der erste Eintrag jedes Segmentes ein Zeiger auf das nächste Segment der Liste ist. Ist dieser Zeiger 0, so ist dies das letzte Segment.

Tritt bei diesem Vorgang ein Fehler auf, so werden alle bereits geladenen Segmente wieder freigegeben, und eine 0 wird in D0 zurückgegeben. Andernfalls enthält D0 einen Zeiger auf das erste Segment.

Das geladene Programm kann nun mit CreateProc() gestartet werden oder mit UnLoadSeg() wieder gelöscht werden.

UnLoadSeg — Geladene Programmdatei löschen

```
UnLoadSeg ( Segment )
-156        D1
```

Die mit LoadSeg() geladene Programmdatei wird gelöscht und der verwendete Speicher wieder freigegeben. Der Zeiger in D1 weist auf das erste Segment der Liste (siehe LoadSeg).

GetPacket — Paket abholen

```
Status = GetPacket ( Waitflag )
D0        -162        D1
```

Es wird ein Paket abgeholt, das von einem anderen Prozeß gesendet wurde. Ist das Waitflag TRUE (-1), so wird auf den Erhalt des Paketes gewartet, andernfalls wird nicht gewartet und eine Null zurückgegeben, wenn kein Paket vorliegt.

QueuePacket — Paket absenden

```
Status = QueuePacket ( Paket )
D0        -168          D1
```

Das Paket, auf dessen Struktur D1 zeigt, wird abgeschickt. Ist dies einwandfrei geschehen, so wird in D0 ein Wert <> 0 zurückgegeben.

3.2.4 DOS-Fehlermeldungen

In der folgenden Liste werden die mit IoErr() bzw. dem WHY-Kommando des CLI ermittelten Fehler-Codes und deren Name bzw. Bedeutung aufgeführt.

Code	Meldung	Bedeutung
103	Insufficient free store	Nicht genügend Speicherplatz frei.
104	Task table full	Bereits 20 Prozesse, mehr geht nicht.
120	Argument line invalid or too long	Die Argumenteliste für diesen Befehl ist nicht korrekt oder enthält zu viele Angaben.
121	File is not an object module	Aufgerufene Datei ist nicht lauffähig.
122	Invalid resident library during load	Aufgerufene residente Bibliothek ist ungültig.
202	Object in use	Angegebene Datei bzw. Directory ist momentan bereits von einem anderen Programm in Benutzung und nicht für andere Anwendungen verwendbar.
203	Object already exists	Der angegebene Dateiname existiert bereits.
204	Directory not found	Das gewählte Directory existiert nicht.
205	Object not found	Kanal mit dem Namen existiert nicht.
206	Invalid window	Die Angabe der Parameter für das zu öffnende Fenster ist nicht korrekt.
209	Packet requested type unknown	Die gewünschte Funktion ist auf dem angegebenen Gerät nicht möglich.
210	Invalid stream component name	Dateiname ist ungültig (zu lang oder mit unerlaubten Zeichen versehen).
211	Invalid object lock	Angegebene Lock-Struktur ungültig.
212	Object not of required type	Dateiname und Directory-Name sind verwechselt worden.
213	Disk not validated	Die Diskette ist entweder noch nicht vom System anerkannt oder defekt.
214	Disk write-protected	Die Diskette ist schreibgeschützt.
215	Rename across devices attempted	RENAME-Funktion ist nur innerhalb einer Diskette möglich.
216	Directory not empty	Ein nicht leeres Directory sollte gelöscht werden.
218	Device not mounted	Gewählte Diskette ist nicht eingelegt.
219	Seek error	Seek()-Funktion ist mit unerlaubten Parametern versehen.
220	Comment too big	Der Kommentar zur Datei ist zu lang.
221	Disk full	Die Diskette ist voll bzw. enthält nicht genug freien Platz für Anwendung.
222	File is protected from deletion	Die Datei ist nicht löschbar bzw. gegen das Löschen geschützt worden.
223	File is protected from writing	Die Datei ist gegen Überschreiben geschützt.
224	File is protected from reading	Die Datei ist gegen Lesen geschützt. Bei den letzten drei Fehlermeldungen können Sie mit dem LIST-Befehl den Status der betroffenen Dateien überprüfen.

225	Not a DOS disk	Diskette ist nicht im AmigaDOS-Format formatiert.
226	No disk in drive	Im angegebenen Laufwerk ist keine Disketteeingelegt.
232	No more entries in directory	Die ExNext()-Funktion konnte keinen weiteren Eintrag im Directory finden.

3.3 Standard-I/O

Ein sehr wichtiger Bestandteil eines Programms ist der Datenaustausch mit der Umwelt, wie z.B. Bildschirm, Tastatur, Disketten oder Schnittstellen. Diese Ein-/Ausgabe, auch einfach I/O (Input/Output) genannt, befähigt ein Programm erst zu der vollen Ausnutzung des Computers, auf dem es läuft. Um dies zu bewerkstelligen, gibt es grundsätzlich drei Möglichkeiten.

Die erste wäre die Ein-/Ausgabe mittels der entsprechenden DOS-Funktionen wie Open(), Close(), Read() und Write(). Diese Methode ist die deutlich einfachere, da Sie bei der Programmierung keinen großen Aufwand treiben müssen. Der Nachteil dessen ist es allerdings, daß die aufgerufene Funktion erst vollständig erledigt wird, bevor Ihr Programm weiterarbeiten kann.

Diesen Nachteil hat die zweite Methode nicht. Das Zauberwort heißt hier Devices. Mit den Devices können Sie die gesamte Ein-/Ausgabe vollständig selbständig ablaufen lassen, während Ihr Programm weiterarbeitet. Sie läuft dabei im Hintergrund, also parallel zu Ihrem Programm, und kostet daher kaum wertvolle Rechenzeit. Der Nachteil dieser Technik ist allerdings der wesentlich höhere Programmieraufwand, der dafür benötigt wird.

Die dritte Methode der Ein-/Ausgabe ist schließlich die direkte Programmierung der Hardware des Amiga. Dies setzt jedoch sehr genaue Kenntnisse des Systems voraus und hat zudem den Nachteil, daß diese Methode im Multitasking-Betrieb zu großen Komplikationen führen kann. Im Hardwareteil dieses Buches finden Sie dazu mehr Informationen.

Beginnen wir die Betrachtung der Ein-/Ausgabe-Programmierung bei der Standard-Methode: der Verwendung der DOS-Funktionen.

Wie bereits erwähnt sind die vier DOS-Funktionen Open(), Close(), Read() und Write() für die Ein-/Ausgabe von Daten zuständig. Mit ihnen können die meisten Funktionen ausgeführt werden, die ein Programm benötigt.

Es stehen eine Reihe von Ein-/Ausgabekanälen zur Verfügung, die das DOS bereits mit Namen kennt. Diese Namen können dann in einem Open-Befehl verwendet werden. Die Standard-Kanäle heißen:

DFn:
Bezeichnet das Diskettenlaufwerk mit der Nummer n. Die Nummer n kann dabei 0, 1, 2 oder 3 sein.

SYS:
Bezeichnet das Diskettenlaufwerk, von dem das System geladen wurde.

RAM:
Steht für die RAM-Disk, die stets verfügbar ist und ihre Größe den enthaltenen Daten anpaßt. Sie kann wie ein Diskettenlaufwerk verwendet werden, nur daß die Daten nicht auf Diskette, sondern im RAM-Speicher des Amiga abgelegt werden.

NIL:
Dieser Kanal ist ein wahres Datengrab: die hierein geschriebenen Daten werden verworfen und bewirken nichts. Dies ist manchmal recht brauchbar, wenn z.B. ein Programm Ausgaben machen will, die Sie jedoch nicht haben wollen.

SER:
Steht für die serielle Schnittstelle (RS232) und bietet die Ein- und Ausgabe von Daten über diesen Port.

PAR:
Bezeichnet die parallele Schnittstelle (Drucker-Port), die 8 Ein-/Ausgabeleitungen enthält. Sie können hier also parallel anliegende Daten direkt einlesen oder ausgeben.

PRT:
Steht ebenfalls für die parallele Schnittstelle, nur daß mit diesem Kanal ein Drucker angesprochen werden kann. Ist der Drucker jedoch für die serielle Schnittstelle definiert, so wird diese hierdurch ange-

sprochen. Die Definitionen für den Drucker können Sie mit dem Preferences-Programm vorgeben.

CON:
Gibt ein Fenster für die Ein-/Ausgaben vor. Dieses Fenster wird beim Öffnen des Kanals automatisch geöffnet. Die Fensterparameter werden folgendermaßen angegeben:

```
CON:x/y/b/h/Name
```

x und y stellen die Koordinaten der linken oberen Ecke des Fensters auf dem Screen dar, b und h die Breite und Höhe des Fensters in Bildschirmpunkten und Name den Fenstertitel, der in der Titelzeile erscheinen wird. So definiert

```
CON:20/10/200/100/Test-Fenster
```

ein Fenster mit Namen "Test-Fenster", das an der Position x=20 und y=10 beginnt, 200 Punkte breit und 100 Punkte hoch ist.

RAW:
Stellt ebenfalls ein Fenster dar und gibt die Ein- und Ausgaben an dieses Fenster weiter. Im Gegensatz zu CON: werden hier jedoch keine Funktionen vorbearbeitet (z.B. Editieren einer Zeile), so daß mit diesem Fenster nur auf ganz besondere Art und Weise gearbeitet werden kann.

*
Steht schließlich für das aktuelle Fenster, was z.B. das CLI-Fenster darstellt.

Auf der etwa Ende 1988 ausgelieferten Workbench 1.3 sind zusätzliche Handler im DEVS-Ordner enthalten. Setzt man diese in die MountList ein (ist als Beispiel auf der WB-Disk vorgegeben) und läßt den BindDrivers-Befehl laufen, so werden folgende Standard-Devices eingebunden:

NEWCON:
Dieses Device entspricht eigentlich dem alten CON:. Der große Unterschied zwischen diesem und NEWCON liegt darin, daß NEWCON das Editieren einer Zeile zuläßt. Man kann also in der Zeile mit den Cursortasten hin- und herlaufen und Zeichen löschen oder einfügen. Sie können dies ja einmal mit dem Kommando

```
>copy newcon:10/10/400/100/NewCon *
```

ausprobieren. In dem entstandenen Fenster kann nun editiert werden, der Text wird bei Return in dem aktuellen CLI-Fenster ausgegeben. Der Clou ist allerdings erst die History-Funktion, d.h. mit den Cursor-Tasten hoch und runter können die zuvor eingegebenen Zeilen wiederholt werden! Auf diese Weise arbeitet ja auch die AmigaShell der 1.3-Workbench.

AUX:
Stellt einen ungepufferten Seriell-Handler zur Verfügung. Der Vorteil liegt auf der Hand: Mit

```
>newcli aux:
```

kann ein an der seriellen Schnittstelle angeschlossenes Terminal zum zweiten Arbeitsplatz gemacht werden, da alle Textein- und Ausgaben dieser neuen CLI auf dem Terminal abgewickelt werden. Aus der Multitasking-Maschine Amiga wird somit auch eine Multiuser-Anlage!

PIPE:
Bietet eine sehr einfache Kommunikation zwischen zwei Prozessen. Ähnlich wie die RAM-Disk kann dieses Device zur temporären Speicherung von Daten verwendet werden. So kann man auf PIPE: etwas schreiben, wobei auch ein "Filename" mit angegeben werden kann. Ein anderer Prozeß kann dann einfach aus PIPE: lesen und hat die Daten des anderen Prozesses erhalten.

Im Gegensatz zur RAM-Disk ist eine belegte Pipe nicht überschreibbar. Wenn Sie versuchen, in eine Pipe ein zweites Mal zu schreiben, so funktioniert dies nur, wenn sie bereits wieder ausgelesen worden ist. Das Auslesen einer Pipe löscht nämlich ihren Inhalt. Liest man aus einer noch unbelegten Pipe, so wartet der lesende Prozeß solange, bis die Pipe beschrieben wird. Dies ist leicht mit 2 CLI-Fenstern auszuprobieren.

SPEAK:
Dieses Device ist eine alte Sache in neuer Verpackung. Es entspricht in etwa dem Say-Befehl, nur daß die Sprachausgabe hier als einfaches Device funktioniert. So können Sie sich z.B. die MountList durch den Befehl

```
>copy devs:MountList speak:
```

vorlesen lassen. Obwohl dies nicht gerade praktikabel ist...

RAD:
Dies ist eine neue RAM-Disk mit zwei gravierenden Unterschieden zur alten RAM:-Disk: Sie hat eine feste Länge und ist Reset-fest!

Die Größe der RAD wird in der MountList festgelegt. Die vorgegebene Größe ergibt sich durch die Disk-entlehnten Einstellungen:

```
Surfaces       = 2
BlocksPerTrack = 11
LowCyl         = 0;
HighCyl        = 21
```

Wollen Sie die Größe ändern, so brauchen Sie lediglich den HighCyl-Wert zu ändern. Dieser gibt die Anzahl der Tracks -1 (Beginn bei 0) an, die je ca. 11 KByte enthalten.

FAST:
Dieses Device bezieht sich auf eine Festplatte, welche mit dem Fast-Filing-System formatiert ist.

Beginnen wir mit der wohl wichtigsten Anwendung: der Tastatur-Eingabe und Bildschirm-Ausgabe.

3.3.1 Tastatur und Bildschirm

Wie Sie aus obiger Tabelle entnehmen können, stellt das AmigaDOS drei Möglichkeiten für die Bildschirmein-/-ausgabe zur Verfügung: CON:, RAW: und *, ab Workbench 1.3 kommt noch NEWCON: hinzu. In den folgenden Beispielen können Sie dann anstelle von CON: auch mal NEWCON: einsetzen.

CON:-/NEWCON:-Fenster

Um ein CON:-Fenster zu öffnen, wird die Open()-Funktion des DOS verwendet. Die Funktion erwartet als Parameter einen Zeiger auf den Namen des zu öffnenden Kanals und den Modus, unter dem dieser geöffnet werden soll. Als Modus kommen in Frage:

Mode_new	Für einen Kanal, in den nur geschrieben werden kann.
Mode_old	Für einen Kanal, aus dem auch gelesen werden kann.
Mode_readwrite	Ab der DOS-Version 1.2, bei der der Kanal sowohl beschrieben als auch ausgelesen werden kann.

Zum Öffnen eines CON:- oder auch RAW:-Fensters wird der Modus Mode_old verwendet, da der Kanal ja eigentlich bekannt ist und aus ihm auch gelesen werden kann.

Um dies zu demonstrieren, hier ein kleines Maschinenprogramm, das ein CON:-Fenster öffnet, einen Text darin ausgibt, auf eine Eingabe wartet und dann das Fenster wieder schließt:

```
;*****  Einfache CON:-Ein-/Ausgabe  *****

OpenLib   = -408
closelib  = -414
ExecBase  = 4

; Amiga-DOS-Offsets

Open      = -30
Close     = -36
Read      = -42
Write     =-48
Exit      =-144

Mode_old  = 1005

run:
 move.l  execbase,a6          ;Zeiger auf EXEC-Bibliothek
 lea     dosname,a1
 moveq   #0,d0
 jsr     openlib(a6)          ;Open DOS-Library
 move.l  d0,dosbase
 beq     error                ;Nicht geklappt

 move.l  dosbase,a6           ;DOS-Basisadresse in A6

 move.l  #name,d1             ;Zeiger auf Namen
 move.l  #mode_old,d2         ;Modus
 jsr     Open(a6)             ;Fenster öffnen
 move.l  d0,conhandle         ;Handle retten
```

```
        beq     error

        move.l  conhandle,d1            ;Fenster-Handle in D1
        move.l  #text,d2                ;Text-Adresse in D2
        move.l  #tende-text,d3          ;Länge in D3
        jsr     Write(a6)               ;Text ausgeben

        move.l  conhandle,d1            ;Fenster-Handle
        move.l  #buffer,d2              ;Puffer-Adresse
        move.l  #80,d3                  ;Max. Länge
        jsr     Read(a6)                ;Eingabe erwarten

        move.l  conhandle,d1
        jsr     Close(a6)               ;Fenster schließen

        bra     ende                    ;Fertig

error:
        move.l  #-1,d0                  ;Error-Status
ende:
        move.l  d0,d1
        move.l  dosbase,a6
        jsr     Exit(a6)                ;Ende des Programms

        rts                             ;Kommt nicht vor

dosname:        dc.b 'dos.library',0
name:           dc.b 'CON:20/10/200/100/** Test-Fenster',0
text:           dc.b 'Bitte etwas eingeben!',0
tende:
buffer:         blk.b 80
even
dosbase:        dc.l 0
conhandle:      dc.l 0
```

RAW:-Fenster

Das oben aufgeführte Programm kann auch mit RAW: anstelle von CON: gestartet werden. Wenn Sie dies ausprobieren, so werden Sie den Unterschied sofort bemerken. Während die CON:-Version nämlich auf die Betätigung der Return-Taste nach der Eingabe wartet, kehrt das Programm mit dem RAW:-Fenster sofort nach der Betätigung irgendeiner Taste zurück. Dies gilt auch für die Funktions- oder Cursor-Tasten, die ja vom CON:-Fenster nicht erkannt werden.

Ein CON:-Fenster bietet somit wesentlich mehr Komfort bei der Eingabe ganzer Texte, ein RAW:-Fenster dagegen macht die gesamte Tastatur verfügbar.

Aber nicht nur die normale Zeichendarstellung ist bei beiden Fensterarten möglich. Es gibt auch noch die Möglichkeit, andere Schriftarten darzustellen, wie z.B. unterstrichen oder fettgedruckt. Des

weiteren lassen sich noch andere Funktionen auslösen, mit denen man das Fenster manipulieren kann. So läßt sich das Bild löschen, hoch- oder runterschieben usw. All diese Funktionen werden durch Steuersequenzen ausgelöst, die teilweise mit Parametern versehen in dem Fenster ausgegeben werden müssen.

Hier nun eine Liste der Steuerzeichen, die eine Funktion auslösen. Diese Zeichen sind als Sedezimalzahlen aufgeführt.

Sequenz	Funktion
08	Backspace.
0A	Linefeed, Cursor runter.
0B	Cursor eine Zeile hoch.
0C	Fenster löschen.
0D	Carriage Return, Cursor in die erste Spalte.
0E	Auf Normaldarstellung schalten (0F zurücknehmen).
0F	Auf Sonderzeichen schalten.
1B	Escape.

Die folgenden Sequenzen beginnen mit dem Zeichen $9B, dem CSI (Control Sequence Introducer). Die auf dieses Zeichen folgenden Zeichen bewirken dann eine Funktion. Die in eckigen Klammern angegebenen Werte können entfallen. Die Angabe für "n" ist in ASCII-Zeichen als ein- oder mehrstellige dezimale Zahl anzugeben. Der Wert, der bei weggelassener Angabe für n angenommen wird, ist hier in Klammern hinter n angegeben.

Sequenz	Funktion
9B [n] 40	n Leerzeichen einschieben.
9B [n] 41	Cursor um n (1) Zeilen hoch.
9B [n] 42	Cursor um n (1) Zeilen runter.
9B [n] 43	Cursor um n (1) Zeilen rechts.
9B [n] 44	Cursor um n (1) Zeilen links.
9B [n] 45	Cursor n (1) Zeilen runter in Spalte 1.
9B [n] 46	Cursor n (1) Zeilen hoch in Spalte 1.
9B [n] [3B n] 48	Cursor in Zeile; Spalte setzen.
9B 4A	Fenster ab Cursor löschen.
9B 4B	Zeile ab Cursor löschen.
9B 4C	Zeile einfügen.
9B 4D	Zeile löschen.
9B [n] 50	n Zeichen ab Cursor löschen.
9B [n] 53	n Zeilen hochschieben.
9B [n] 54	n Zeilen runterschieben.
9B 32 30 68	Linefeed => Linefeed+Return.
9B 32 30 6C	Ab sofort: Linefeed => nur Linefeed.
9B 6E	Sende die Cursor-Position! Eine Zeichenkette folgender Form wird zurückgegeben: 9B (Zeile) 3B (Spalte) 52 9B (Stil);(Vordergrundfarbe); (Hintergrundfarbe) 6D.

	Die drei Parameter sind Dezimalzahlen im ASCII-Format. Sie bedeuten: Stil: 0 = Normal 1 = Fett 3 = Italic (schräg) 4 = Unterstrichen 7 = Invers-Schrift Vordergrundfarbe: 30-37: Farben 0-7 für Text Hintergrundfarbe: 40-47: Farben 0-7 für Hintergrund
9B (Länge) 74	Setzt die maximale Anzahl der darzustellenden Zeilen fest.
9B (Breite) 75	Setzt die maximale Zeilenlänge fest.
9B (Abstand) 78	Definiert den Abstand in Pixeln vom linken Rand des Fensters, ab dem die Ausgabe beginnen soll.
9B (Abstand) 79	Definiert den Abstand in Pixeln vom oberen Rand des Fensters, ab dem ausgegeben werden soll Die letzten 4 Funktionen können durch Weglassen des Parameters auf die Normalstellung gebracht werden.
9B 30 20 70	Cursor unsichtbar machen.
9B 20 70	Cursor sichtbar machen.
9B 71	Sende Fenster-Ausmaße! Es wird eine Zeichenkette folgender Form zurückgegeben: 9B 31 3B 31 3B (Zeilen) 3B (Spalten) 73

Um die Anwendung dieser Steuerzeichen zu demonstrieren, lassen Sie doch einmal folgenden Text in Ihrem Fenster ausgeben:

```
text:  dc.b $9b,"4;31;40m"
 dc.b "Überschrift"
 dc.b $9b,"3;33;40m",$9b,"5;20H"
 dc.b "*** Hallo, Welt! ***",0
```

Die Parameter für die Steuersequenzen sind hier einfach, durch die Anführungszeichen markiert, als ASCII-Zeichenketten angegeben. Wie Sie sehen, können Sie so einfach recht wirkungsvolle Textausgaben realisieren!

Ebenso, wie diese Sequenzen gesendet werden können, werden diese auch empfangen, wenn eine Funktionstaste der Tastatur bzw. eine Cursor-Taste gedrückt wurde. Die Zeichen, die man in diesem Fall empfängt, sind folgende (<CSI> steht für $9B):

Taste	Ohne Shift	Mit Shift
F1	<CSI>0~	<CSI>10~
F2	<CSI>1~	<CSI>11~
...		
F9	<CSI>8~	<CSI>18~
F10	<CSI>9~	<CSI>19~
HELP	<CSI>?~	<CSI>?~
hoch	<CSI>A	<CSI>T~
runter	<CSI>B	<CSI>S~
links	<CSI>C	<CSI> A~
rechts	<CSI>D	<CSI> @~

Auf diese Weise kann man also fast alles erfahren, was der Benutzer mit der Tastatur anfängt. Wenn das immer noch nicht ausreicht, so gibt es eine weitere Informationsquelle: die RAW-Input-Events. Dies sind Ereignisse, die auf Wunsch durch eine Sequenz gemeldet werden. Der Wunsch nach der Meldung dieser Ereignisse wird dem DOS wiederum durch eine Sequenz mitgeteilt, die so aussieht:

```
<CSI>n{
```

Das "n" steht dabei für eine Zahl zwischen 1 und 16, die dem Ereignis entspricht, das gemeldet werden soll. Diese Ereignisse sind folgende:

1	Taste gedrückt.
2	Maustaste gedrückt.
3	Fenster wurde aktiviert.
4	Maus verschoben.
5	Unbenutzt.
6	Timer.
7	Gadget angewählt.
8	Gadget losgelassen.
9	Requester eingeblendet.
10	Menü angewählt.
11	Fenster geschlossen (s. Console-Device).
12	Fenstergröße verändert.
13	Fenster erneuert.
14	Einstellungen verändert.
15	Diskette aus dem Laufwerk genommen.
16	Diskette eingelegt.

Einige dieser Ereignisse (10, 11) sind in unserem Fall nicht verfügbar, da ein mit DOS geöffnetes Fenster ja weder über Menüs noch über das Schließsymbol verfügt. Diese Dinge werden aber dann wieder interessant, wenn man sein Consolen-Fenster selbst gestaltet hat. Dies wird allerdings nur über die Kombination Intuition und Devices möglich und wird daher später im Consol-Device-Kapitel extra behandelt.

Wenn nun ein solchermaßen gewünschtes Ereignis eintritt (Diskette eingelegt o. ä.), so wird eine Sequenz folgenden Formats gesendet:

```
<CSI><Klasse>;<Unterklasse>;<Taste>;<Status>;<X>;<Y>;
<Sekunden>;<Mikrosekunden>|
```

Dabei bedeutet

CSI	Control-Sequence-Introducer $9B.
Klasse	Ereignis-Nummer (s.o.).
Unterklasse	Immer 0.
Taste	Code letzter Taste oder Maustaste.
Status	Tastaturstatus: Siehe Tabelle.

Bit	Maske	Bedeutung
0	0001	Linke Shift-Taste.
1	0002	Rechte Shift-Taste.
2	0004	CapsLock-Taste.
3	0008	Control.
4	0010	Linke Alternate-Taste.
5	0020	Rechte Alternate-Taste.
6	0040	Linke Amiga-Taste.
7	0080	Rechte Amiga-Taste.
8	0100	Ziffernblock.
9	0200	Tastenwiederholung.
10	0400	Interrupt (unbenutzt).
11	0800	Aktives Fenster.
12	1000	Linker Mausknopf.
13	2000	Rechter Mausknopf.
14	4000	Mittlerer Mausknopf (unbenutzt).
15	8000	Relative Mauskoordinaten.

X und Y	Koordinaten des Mauszeigers bei dem Maus-Ereignis.
Sekunden Mikrosekunden	Systemzeit bei Ereignis.

Die Werte, die auf diese Weise erhalten werden, sind Dezimalzahlen im ASCII-Code. Wenn Sie diese Werte also im Programm auswerten wollen, so müssen Sie diese erst umwandeln.

**-Fenster*

Die meisten CLI-Kommandos verwenden *, da dies die einfachste Art ist. Da dieses das aktuelle Fenster angibt, das natürlich schon geöffnet ist, kann dabei sogar das Öffnen und Schließen des Kanals entfallen.

Da die Funktionen Read() und Write() dennoch ein Handle des Kanals benötigen, in den oder aus dem sie Daten lesen sollen, muß dies zuerst einmal ermittelt werden.

Für diesen Zweck sind die DOS-Funktionen Input() und Output() vorgesehen. Diese Funktionen benötigen keine Parameter und geben das

Handle des entsprechenden Standard-Kanals zurück. Dies wird das CLI-Fenster sein, wenn das Programm einfach von dort aus aufgerufen wurde. Wurde beim Aufruf jedoch die Eingabe oder Ausgabe mit der <- bzw. >-Funktion des CLI umgeleitet, so wird das dadurch aktuelle Handle von der Input()- bzw Output()-Funktion ermittelt.

3.3.2 Disketten-Dateien

Auf die gleiche Art wie CON:- oder RAW:-Fenster können auch Disketten-Dateien geöffnet und bearbeitet werden, wobei nur einige Dinge dazukommen. So spielt der beim Öffnen übergebene Modus eine große Rolle: Wird "Modus alt" übergeben, so wird eine bestehende Datei auf der Diskette gesucht, aus der auch nur gelesen werden kann. Bei "Modus neu" wird die Datei neu angelegt, eine bereits unter diesem Namen existierende Datei wird gelöscht. In die so geöffnete Datei kann nur geschrieben werden. Beim "Modus readwrite" kann eine bereits bestehende Datei sowohl gelesen als auch beschrieben, also verändert werden.

Für die DOS-Funktionen Read(), Write() und Close() ändert sich gegenüber der Bildschirmein/-ausgabe nichts. Es kommem aber einige Funktionen dazu, die bei der Bedienung von Diskettendateien sehr nützlich sind.

Da man aus einer Datei Daten nach und nach auslesen kann, muß sich das System merken, an welcher Stelle innerhalb der Datei zuletzt zugegriffen wurde. Dies wird durch einen Zeiger bewirkt, den man auch direkt verstellen kann. Dazu dient die Seek()-Funktion, mit der man den Zeiger beliebig innerhalb der Datei vorwärts und rückwärts verschieben kann. Dabei wird eine absolute Position angegeben, die entweder relativ zur aktuellen Position, zum Dateianfang oder zum Dateiende zählt.

Eine weitere Funktion des DOS erlaubt es, eine Datei von der Diskette zu löschen: die Delete()-Funktion. Mit ihr können auch Unter-Directories gelöscht werden, allerdings nur, wenn diese leer sind.

Die Namen der Dateien sind ebenfalls veränderbar, und zwar mit der Rename()-Funktion. Hier wird einfach der alte und der neue Dateiname übergeben. Interessant bei dieser Funktion ist es, daß man nicht nur einfach den Namen einer Funktion, sondern auch ihre Position innerhalb der Diskette verändern kann. Wird nämlich im neuen

Namen ein anderer Suchpfad angegeben, so wird die Datei in dieses andere Unter-Directory "verschoben" (nicht kopiert). Dies funktioniert allerdings nur auf einer Diskette, die Angabe eines anderen Diskettennamens in neuen Namen führt zu einer Fehlermeldung.

Eine Diskettendatei kann zusätzlich gegen verschiedene Funktionen geschützt werden. Dies wird durch die Maske bestimmt, die der SetProtection()-Funktion übergeben wird. Die ersten 4 Bits dieser Maske (Bit 0 - 3) geben jeweils an, ob die Datei gegen folgende Aktionen geschützt ist:

Bit	Bedeutung, wenn gesetzt
0	Datei nicht löschbar.
1	Nicht ausführbar.
2	Nicht überschreibbar.
3	Nicht lesbar.

3.3.3 Serielle Schnittstelle

Die serielle Schnittstelle kann ebenso wie etwa Bildschirmein-/-ausgaben behandelt werden. Es wird ein Kanal mit dem Namen SER: geöffnet und in diesen Kanal geschrieben bzw. aus ihm gelesen. Dabei können jedoch drei Probleme auftauchen:

1. Beim Aufruf der Read()-Funktion wartet der Amiga auf den Empfang von einem oder mehreren Zeichen von der seriellen Schnittstelle. Kommen jedoch dort keine an, so wartet der Amiga, bis er schwarz wird. Aus diesem Grund sollte man in einem Programm, das Daten von dieser Schnittstelle holen will und nicht absolut sicher ist, daß von dort auch welche kommen, besser vor der Read()- die WaitForChar()-Funktion aufrufen. Mit dieser Funktion kann eine beliebige Zeit (anzugeben in Mikrosekunden) auf den Empfang gewartet werden. Kommt in dieser Zeit nichts an, so wird eine Null zurückgegeben, und das Programm kann ggf. eine Fehlermeldung ausgeben und aufgeben. Wenn doch etwas angekommen ist, so erhält man den Wert -1 und kann nun mit dem Lesen beginnen.
2. Es werden Daten empfangen, ohne daß bekannt ist, wie viele Daten kommen werden. Dabei kann das unter 1. beschriebene Problem auftreten. Hier liegt auch der Grund dafür, weshalb man nicht vom CLI aus mit z.B. COPY SER: TO * von der seriellen Schnittstelle ankommende Daten ansehen kann. Das CLI weiß ja nicht, wann die Daten anfangen oder aufhören, und

streikt. Einen solchen Befehl kann man dann leider nur noch mit Reset beenden.

3. Ein Programm will über die Schnittstelle Daten senden oder empfangen, deren Einstellungen jedoch nicht stimmen. Man kann zwar dann mit dem Preferences-Programm diese Einstellungen vornehmen und neu starten, was jedoch sehr lästig ist. Ebenso wie das Preferences-Programm kann natürlich auch Ihr Programm diese Einstellungen selbst vornehmen. Dies ist jedoch nicht mit einem einfachen DOS-Kommando möglich, sondern muß über die I/O-Funktionen mit dem Serial-Device erledigt werden, deren Behandlung Sie im entspr. Kapitel finden.

3.3.4 Parallele Schnittstelle

Die Programmierung der parallelen Schnittstelle (PAR:) ist normalerweise nicht notwendig, da dort meist der Drucker angeschlossen ist. Dennoch ist diese Schnittstelle recht interessant, da man dort nicht nur Daten ausgeben, sondern auch einlesen kann.

Die wohl einfachste Art der Programmierung gerade dieser Schnittstelle ist der direkte Weg über die Hardware-Register. Dies hat allerdings den Nachteil, daß so eventuell Probleme beim Multitasking auftreten können, wenn ein anderes Programm auch auf diese Schnittstelle zugreifen will. Aus diesem Grund ist es sicherer, über das DOS zuzugreifen. Dabei ist allerdings auch das Datenformat vorgeschrieben, und die Möglichkeit entfällt, einzelne Bits als Eingang und andere als Ausgang zu programmieren.

3.4 Programme

Ein Programm, das von einem Linker oder direkt von einem Assembler erstellt wurde, kann einfach durch die Eingabe seines Namens im CLI gestartet werden. Will man es von der Workbench aus starten, so muß man zusätzlich noch eine .INFO-Datei erstellen, die das Icon des Programms im Workbench-Fenster enthält. Dieses Icon kann dann angeklickt werden, und das Programm wird gestartet.

3.4.1 Programmstart und Parameter

Wie man bereits von den CLI-Kommandos her weiß, gibt es beim Amiga die Möglichkeit, in der das Programm aufrufenden Zeile einige Parameter mit anzugeben, die das Programm dann übernehmen und auswerten kann. Eine solche Zeile kann beim Start aus der Workbench natürlich nicht so übergeben werden. Aus diesem Grund gibt es einen deutlichen Unterschied in der Parameterübergabe an das Programm zwischen dem CLI und der Workbench.

Das Programm, das aufgerufen wird, muß deshalb feststellen, von welcher Oberfläche aus es gestartet wurde, und dann eventuell seine Parameter auf die entsprechende Art und Weise abholen. Betrachten wir dafür zuerst einmal den einfacheren Fall, und zwar den Start eines Programms mittels des CLI.

3.4.1.1 Aufruf mit CLI

Das Programm, das vom CLI aus gestartet wurde, bekommt in zwei Registern die nötigen Informationen über die Parameter, die ggf. dem Namen folgend eingegeben wurden. Im Adreßregister A0 wird die Adresse der Zeile im Speicher übergeben, wo der dem Programmnamen folgende Text der im CLI eingegebenen Zeile liegt. Zusätzlich wird im Datenregister D0 die Anzahl der Zeichen mitgeteilt, die hinter dem eigentlichen Programmnamen liegen.

Mit diesen beiden Informationen kann nun das Programm leicht die Parameter auslesen und auswerten. Um dies einmal zu demonstrieren, folgt nun ein kleines Maschinenprogramm, das mit und ohne Parameter aufrufbar ist.

Es handelt sich bei diesem Programm um ein CLI-Kommando, das Sie auch in den C-Ordner kopieren können. Es hat die Aufgabe, die Darstellungsart der auf den Aufruf folgenden Texte zu bestimmen. Sie können dies z.B. in der Startup.Sequence verwenden, wenn Sie eine Meldung etwa unterstrichen oder kursiv ausgeben wollen.

Wenn Sie das Programm im C-Ordner unter dem Namen "Font" liegen haben, können Sie es mit dem Kommando

```
>Font n
```

aufrufen. Der Parameter n kann dabei auch weggelassen werden, das Programm schaltet dann wieder die normale Textdarstellung ein.

Wenn Sie ihn dennoch angeben, so muß er eine Ziffer zwischen 0 und 7 sein. Die Wirkungen dieser Ziffern sind:

0	Normal-Darstellung.
1	Fettschrift.
3	Kursive (schräge) Schriftart.
4	Unterstrichen.
7	Inverse Schrift.

Sie können auch fett und unterstrichen einstellen, wenn Sie Font 1 und Font 4 hintereinander aufrufen.

Hier nun das Programm:

```
;*****  FONT-Befehl *****

; EXEC-Offsets

OpenLib   = -30-378
ExecBase  = 4

; AmigaDOS-Offsets

Write     = -30-18
Output    = -30-30
Exit      = -30-114

run:
  subq   #1,d0                  ;Byte-Anzahl-1
  beq    normal                 ;Keine Parameter?
search:
  cmp.b  #$20,(a0)+             ;Argument suchen
  bne    found                  ;Gefunden
  dbra   d0,search
  bra    normal                 ;Normalen Font setzen

found:
  move.b -(a0),text+1           ;Stil setzen

normal:
  move.l execbase,a6            ;Zeiger auf EXEC-Bibliothek
  lea    dosname,a1
  moveq  #0,d0
  jsr    OpenLib(a6)            ;Open DOS-Library
  move.l d0,dosbase
  beq    error                  ;Nicht geklappt

  move.l dosbase,a6
  jsr    Output(a6)             ;Standard-Outputhandle holen
```

```
  move.l  d0,d1                            ;Output-Handle in D1
  move.l  #text,d2                         ;Text-Adresse in D2
  move.l  #tende-text,d3                   ;Länge in D3
  move.l  dosbase,a6
  jsr     Write(a6)                        ;Text ausgeben
  bra     ende                             ;OK: Ende

error:    move.l  #1,d0                    ;Error-Status
ende:
  move.l  d0,d1                            ;Rückgabe-Parameter
  move.l  dosbase,a6
  jsr exit(a6)                             ;Ende des Programms

  rts                                      ;Kommt eigentlich nicht wieder

dosbase:  dc.l 0

dosname:  dc.b 'dos.library',0
text:     dc.b $9b,'0;31;40m'
tende:

even
```

Wenn Sie nun ein C-Programm schreiben, das diese Parameterzeile benötigt, so können Sie dies auch leicht erreichen. Sie müssen nur die Datei "startup.o" als erstes Element in der Linker-Anweisung einsetzen (beim Lattice-Compiler, bei Verwendung des Aztec-Compilers geschieht dies automatisch durch Einbinden des c.lib-Files), was auch normalerweise immer getan wird. Die Parameterzeile finden Sie dann in der Variablen "argv", die Anzahl der Parameter in "argc".

Das Startup-Programmteil erledigt noch mehr. Es öffnet auch schon die DOS-Bibliothek und stellt mit den DOS-Funktionen Input() und Output() den Standard-Ein-und -Ausgabekanal fest. Die Handles dieser Kanäle finden Sie dann in "stdin" und "stdout". Die Routine startet danach die main-Routine Ihres C-Programms.

Eine weitere Information, die vom CLI an das Programm übergeben wird, ist die Größe des reservierten Stack-Bereiches. Dieser liegt hinter der Rücksprungadresse zum CLI auf dem Stack und kann z.B. mit dem Befehl

```
MOVE.L  4(SP),DO
```

eingelesen werden. Auf diese Weise kann das Programm testen, ob es für seine speziellen Anforderungen genügend Platz auf dem Stack hat.

Zusätzlich zu diesen Parametern werden noch einige andere vom CLI aus übergeben. Diese Parameter bieten eine große Vielfalt an Mög-

lichkeiten, ein CLI-Programm zu vereinfachen. Näheres dazu finden Sie in dem Kapitel über den internen Aufbau des AmigaDOS.

Dies ist also der Vorgang, ein vom CLI aus gestartetes Programm zu initialisieren. Betrachten wir nun den anderen Fall: den Start von der Workbench aus.

3.4.1.2 Start von der Workbench aus

Wenn Sie das Icon eines Programms, das als Bild in einem Workbench-Fenster vorliegt, mit einem doppelten Klick starten, so wird das Programm unter dem angezeigten Namen gestartet. Diesem Programm werden dann ebenfalls Parameter übergeben, allerdings nicht in Form einer Textzeile, sondern als Message.

Haben Sie dieses Programm in C geschrieben und ihm mit dem Linker das Startup-Programm vorangesetzt, so brauchen Sie sich um diese Message, die sogenannte Startup-Message, nicht zu kümmern. Das Startup-Programm erledigt selbständig folgende Arbeiten, wenn es festgestellt hat, daß es von der Workbench aus gestartet wurde:

1. Es öffnet zuerst einmal die DOS-Bibliothek.
2. Nun wird auf die Startup-Message gewartet (WaitPort).
3. Die Message wird abgeholt (GetMsg).
4. Die Anzahl der Argumente innerhalb der Message wird getestet. Ist sie 0, so wird der nächste Schritt(5) übersprungen.
5. Die Argumente, die übergeben wurden, werden als Lock-Struktur interpretiert, und mit ihr wird das dazugehörende Directory zum aktuellen Directory erklärt (CurrentDir).
6. Das Argument sm_ToolWindow wird überprüft. Ist es nicht 0, so wird das angegebene Fenster geöffnet und dessen Handle, wenn es sich öffnen ließ, zur Standard-Eingabe erklärt.

Wie muß ein Programm aussehen, das nicht über dieses komfortable Startup-Programm verfügt, etwa ein Maschinenprogramm?

Wenn Sie die Message, die die Workbench Ihrem Programm sendet, nicht benötigen, so müssen Sie dennoch diese Message abholen. Andernfalls wird der Guru wieder einmal meditieren, da bei der nächsten I/O-Funktion, etwa Öffnen eines Fensters, eine Meldung im Message-Port ankommen wird, die nicht zu dieser Funktion paßt.

Sie müssen also in Ihrem Programm die gleichen Funktionen ausführen wie das Startup-Programm. Zuerst rufen Sie die FindTask()-Funktion des EXEC auf, um einen Zeiger auf die Struktur des Prozesses, also Ihres Programms, zu bekommen. Als Argument übergeben Sie dafür eine Null in A1:

```
execbase  = 4
FindTask  = -294
WaitPort  = -384
GetMsg    = -372

  move.l  execbase,a6              ;EXEC-Basisadresse in A6

  suba.l  a1,a1                    ;Argument A1 löschen
  jsr     FindTask(a6)             ;Zeiger holen
```

In D0 erhalten Sie den Zeiger auf Ihre Prozeß-Struktur. In dieser Struktur finden Sie nun die Information, ob dieser Prozeß aus dem CLI oder von der Workbench aus gestartet wurde:

```
  move.l  d0,a4                    ;Zeiger auf Prozeß in A4
  tst.l   $ac(a4)                  ;pr_CLI: CLI oder Workbench?
  bne     fromCLI                  ;Es war CLI!
```

Ist das getestete Argument Null, so wurde das Programm von der Workbench aus gestartet.

Ist dies der Fall, muß als nächstes auf den Empfang der Startup-Message gewartet werden. Dies wird mit der WaitPort()-Funktion realisiert:

```
lea     $5c(a4),a0                 ;pr_MsgPort: MessagePort in A0
jsr     WaitPort(a6)               ;Auf Message warten
```

Diese Funktion wartet auf den Empfang einer Message im Message-Port. In unserem Fall wird dies die Startup-Message der Workbench sein. Diese Message muß nun abgeholt werden, damit sie aus der Warteschlange der Messages entfernt wird. Dazu dient die GetMsg()-Funktion:

```
lea     $5c(a4),a0                 ;RastPort-Adresse in A0
jsr     GetMsg(a6)                 ;Message abholen
```

Sie können diese Message nun bei Bedarf auswerten. In D0 erhalten Sie aus der GetMsg()-Funktion einen Zeiger auf die Message-Struktur, die den Namen WBStartup trägt.

Diese Message enthält folgende Elemente:

Am Anfang liegt eine normale Message-Struktur. Darauf folgen die Elemente der eigentlichen Startup-Struktur:

Offset	Name	Bedeutung
$14	sm_Process	Prozeß-Descriptor.
$18	sm_Segment	Programmsegment-Descriptor.
$1C	sm_NumArgs	Anzahl der übergebenen Argumente.
$20	sm_ToolWindow	Beschreibung des zu öffnenden Fensters.
$24	sm_ArgList	Zeiger auf die Argumente selbst.

sm_Arglist
Zeigt auf die Elemente der übergebenen Argumente. Diese Argumente beinhalten die Informationen über die zum Zeitpunkt des Programmstartes aktivierten Icons der Workbench. Einige Programme nutzen dies so, daß z.B. eine beim Aufruf des Programms durch Shift-Klick zusätzlich aktivierte Text-Datei vom Programm geladen und ausgegeben wird. Die Argumente der Liste, auf die sm_ArgList zeigt, bestehen aus den Zeigern:

wa_Lock	Datei-Lock (Directory-Beschreibung)
wa_Name	Zeiger auf Dateinamen

Um die Anwendung und Programmierung dieser Message-Auswertung zu demonstrieren, wollen wir nun ein Programm schreiben, das die Tool-Types ermittelt und ausgibt. Diese Tool-Types sind die Eintragungen, die im Workbench-Programm INFO in die jeweilige Datei geschrieben werden können. Dafür selektieren Sie eine Datei (einmal Klick) und wählen dann aus dem Workbench-Menü den Punkt Info an. Es öffnet sich dann ein Dialogfenster, in dem Sie in der Eingabemaske TOOL TYPES durch Anklicken von Add Eintragungen machen können. Diese Eintragungen werden von einigen Programmen für Voreinstellungen verwendet (z.B. Notepad).

Diese Daten werden in dem zum Programm gehörenden .info-File abgespeichert. In dieser Datei stehen außerdem noch die Daten für das Icon, seine Position im Fenster und vieles mehr. Um in einem Programm diese Daten zu bekommen, ist eine weitere Library auf der Workbench-Diskette im LIBS-Ordner enthalten: die Icon-Library.

Diese Library enthält nun Funktionen zur Bearbeitung der .info-Files. Eine davon ist die Funktion GetDiskObject(), die die .info-Datei lädt

und einen Zeiger auf deren Struktur zurückgibt. Diese Funktion verwendet auch unser Programm. Bevor wir auf die Einzelheiten der Icon-Library und der DiskObject-Struktur eingehen, möchte ich Ihnen dieses Programmm vorstellen, da dies einiges anschaulicher machen kann:

```
 ;** Workbench-Message- und .info-Auswertungsdemo  S.D. **

Execbase   = 4                         ;EXEC-Basisadresse
FindTask   = -294                      ;Task suchen
WaitPort   = -384                      ;Auf Message warten
GetMsg     = -372                      ;Message abholen

OpenLib     = -408                     ;Library öffnen
CloseLib    = -414                     ;Library schließen
Open        = -30                      ;Kanal öffnen
Close       = -36                      ;Kanal schließen
Read        = -42                      ;Daten einlesen
Write       = -48                      ;Daten ausgeben
CurrentDir = -126                      ;Aktuelles Directory setzen
mode_old   = 1005                      ;Modus für's Öffnen

GetDiskObject = -78                    ;DiskObject laden

run:
  move.l execbase,a6                   ;EXEC-Basisadresse

  suba.l a1,a1
  jsr    FindTask(a6)                  ;Eigenen Task suchen

  move.l d0,a4                         ;Zeiger in A4
  tst.l  $ac(a4)                       ;pr_CLI: CLI oder Workbench?
  bne    fromCLI                       ;CLI! Ende...

  lea    $5c(a4),a0                    ;WBench-Message
  jsr    WaitPort(a6)                  ;Abwarten

  jsr    GetMsg(a6)                    ;Message abholen
  move.l d0,message                    ;Zeiger retten

; **** Libraries und Fenster öffnen ****

  lea    iconname,a1  ;"icon.library"
  clr.l  d0
  jsr    OpenLib(a6)                   ;ICON.library öffnen
  move.l d0,iconbase                   ;Basis retten
  beq    ende3                         ;Fehler aufgetreten!

  lea    dosname,a1                    ;"dos.library"
  clr.l  d0
  jsr    OpenLib(a6)                   ;DOS öffnen
  move.l d0,dosbase
  beq    ende2                         ;Fehler aufgetreten!

  move.l d0,a6
  move.l #conname,d1
```

```
     move.l #mode_old,d2
     jsr    Open(a6)                   ;CON-Fenster öffnen
     move.l d0,conbase
     beq    ende1                      ;Fehler aufgetreten!

;**** Das aktuelle Directory setzen, wenn nötig ****

     move.l message,a0                 ;Zeiger auf WBMessage
     move.l $24(a0),a0                 ;sm_ArgList: Zeiger auf  Argumente
     beq    ende                       ;Keine Argumente!

     move.l (a0),d1 ;D1 => Lock
     move.l dosbase,a6
     jsr    CurrentDir(a6)             ;Aktuelles Directory setzen

; **** Disk-Objekt (.info-Datei) laden ****

     move.l message,a0
     move.l $24(a0),a0                 ;sm_ArgList-Zeiger
     move.l 4(a0),a0                   ;wa_Name: Zeiger auf Namen

     move.l iconbase,a6
     jsr    GetDiskObject(a6)          ;Disk-Objekt laden

; **** Tool-Type-Einträge im Fenster ausgeben ****

     move.l d0,a1                      ;Zeiger auf DiskObject-Struktur
     move.l $36(a1),a1                 ;do_ToolTypes: Zeiger a. ToolType-Array
     move.l a1,typetext                ;Textzeiger retten

typesloop:
     move.l typetext,a1                ;Textzeiger laden
     move.l (a1)+,a0                   ;Zeiger auf Text in A0
     cmp.l  #0,a0                      ;Text vorhanden?
     beq    nomore                     ;Nein: Ende der Ausgaben
     move.l a1,typetext                ;Sonst Zeiger retten

     move.l a0,d2                      ;= Textadresse für Ausgabe
     move.l a0,d3                      ;Nun noch die Länge ermitteln
lenlop:
     tst.b (a0)+                       ;Ende suchen
     bne   lenlop
     sub.l a0,d3                       ;Länge des Textes errechnen
     not.l d3                          ;und korrigieren

     move.l dosbase,a6
     move.l conbase,d1
     jsr    Write(a6)                  ;Text im Fenster ausgeben

     move.l conbase,d1
     move.l #lf,d2                     ;Linefeed:
     move.l #1,d3
     jsr    Write(a6)                  ;Nächste Zeile

     bra    typesloop                  ;Auf zum nächsten Eintrag!

; **** Das waren alle, nun auf Taste warten ****
```

```
nomore:
  move.l conbase,d1
  move.l #1,d3                    ;Ein Zeichen
  move.l #buffer,d2               ;in Buffer
  jsr    Read(a6)                 ;einlesen (auf Return warten)

; **** Programm-Ende: Alles schließen und zurück ****

ende:
  move.l conbase,d1
  move.l dosbase,a6
  jsr    Close(a6)                ;Fenster schließen ende1:
  move.l execbase,a6
  move.l dosbase,a1
  jsr    Closelib(a6)             ;DOS schließen
ende2:
  move.l iconbase,a1
  jsr    Closelib(a6)             ;ICON.library schließen

fromCLI:
ende3:
  rts                             ;Programm-Ende

; **** Datenfelder ****

dosbase:  blk.l 1                 ;DOS-Basisadresse
conbase:  blk.l 1                 ;Fenster-Basis
iconbase: blk.l 1                 ;icon.library-Basis
message:  blk.l 1                 ;Zeiger auf WBMessage
typetext: blk.l 1                 ;Text-Zeiger

dosname:  dc.b 'dos.library',0
iconname: dc.b 'icon.library',0
conname:  dc.b 'CON:10/20/300/100/** Message-Ausgabe',0
lf:       dc.b $a
buffer:   blk.b 2
```

Dieses Programm funktioniert nur, wenn es von der Workbench aus gestartet wurde. Andernfalls wird einfach abgebrochen (fromCLI). Um es starten zu können, muß noch ein Icon für dieses Programm erstellt werden. Dies können Sie mit dem Icon-Editor auf einfache Weise erledigen. Danach muß es unter dem gleichen Namen wie obiges Programm abgespeichert werden, der Anhang .info wird automatisch erstellt.

Ist dies geschehen, so können Sie nun das Icon anklicken und im Workbench-Menü den Punkt Info wählen. In dem so erscheinenden Fenster können Sie nun einen oder mehrere Einträge in TOOL TYPES eingeben und mit SAVE abspeichern.

Wenn Sie dann Ihr Icon mit einem Doppelklick aktivieren, so wird das dazugehörige Programm geladen und gestartet. Das Programm führt

dann die nötigen Schritte aus, um sowohl die Workbench-Startup-Message (WBStartup) als auch die DiskObject-Struktur zu erhalten und auszuwerten.

Die Struktur des Disk-Objektes bzw. der .info-Datei ist folgendermaßen aufgebaut:

Offset	Name	Inhalt
0	do_Magic	Eine "magische" Zahl, die diese Datei als gültig erklärt ($E310).
$2	do_Version	Versionsnummer (1).
$4	do_Gadget	Hier beginnt eine Gadget-Struktur, welche das Aussehen und die Position des Icons bestimmt.
$30	do_Type	Objekt-Typ (Tool, Projekt etc.).
$32	do_DefaultTool	Standard-Programm der Diskette/des Programms.
$36	do_ToolTypes	Zeiger auf Text-Feld der Typen.
$3A	do_CurrentX	
$3E	do_CurrentY	Icon-Position im Fenster.
$42	do_DrawerData	Zeiger auf die Unterdirectory-Fenster-Struktur.
$46	do_ToolWindow	Standard-Fenster für Tools.
$4A	do_StackSize	Stack-Größe für Tools.

Der Zeiger do_ToolTypes zeigt auf eine Zeigerliste, deren Einträge wiederum auf die Texte der im Info-Fenster eingetragenen Tool-Types zeigen und mit einer Null enden. Diese Zeiger werden im Programm verwendet, um die Texte ausgeben zu können.

Aus dem Beispielprogramm können Sie also leicht entnehmen, wie Sie an die Tool-Types Ihres Programms herankommen. Dort können grundsätzliche Eintragungen vorgenommen werden, die die Funktion des Programms steuern sollen. Dies ist auch bei dem Notepad-Programm der Workbench realisiert, bei dem über die Tool-Types Parameter wie die Größe des Eingabefensters oder die zu verwendende Schrift bestimmt werden.

Die Eintragungen dort sind üblicherweise immer in der Form

```
NAME=<Parameter>[|<Parameter>]
```

eingetragen. Dies wird auch bei Notepad verlangt. Der Vorteil dieser Eintragsform ist einfach der, daß in der Icon-Library zwei Funktionen vorgesehen sind, die diese Zeilen überprüfen können.

Die erste Funktion, FindToolType() mit dem Offset -96, sucht die Einträge der Tool-Types nach einem bestimmten Namen durch. Im

Beispiel Notepad wird nach einer Zeile mit dem Namen WINDOW gesucht. Es wird dann ein Zeiger auf die dem Gleichheitszeichen folgenden Parameter zurückgegeben oder eine Null, wenn keine Zeile mit diesem Namen vorkommt.

Dieser Zeiger wird dann der anderen Funktion, MatchToolType() mit dem Offset -102, zusammen mit einem weiteren Zeiger auf einen Vergleichsparameter übergeben. Der daraus resultierende Wert zeigt dann an, ob der Vergleichsparameter in der Zeile vorkommt oder nicht.

Dies wird z.B. dann benutzt, wenn ein Programm Dateien lesen kann, aber nur bestimmte Arten von Dateien lesen soll. Werden diese Arten in Tool-Types eingetragen, können sie nachher vom Programm mit dem zu ladenden Dateityp verglichen werden, um festzustellen, ob es diese Datei laden darf.

3.4.2 Programm-Datei-Strukturen

Betrachten wir den internen Aufbau von Amiga-Programmdateien:

3.4.2.1 Programmsegmente

Ein Programm ist beim Amiga in drei logische Segmente unterteilt, Code, Data und Bss. Das Code-Segment enthält die Programmbefehle, also das eigentliche Programm. Im Data-Segment sind dann die Daten enthalten, die das Programm braucht und die einen definierten Inhalt haben müssen. Diese Daten sind oft im Code-Segment direkt enthalten, so daß das Data-Segment entfällt. Dies ist eigentlich nicht weiter problematisch. Die Unterteilung in Code und Data hat allerdings den Vorteil, daß der Loader diese beiden Segmente in verschiedene Speicherplätze packen kann, wo immer Platz ist. Dies ist bei einem zusammenhängenden Code-Segment nicht ganz so einfach, wenn kein genügend großer zusammenhängender Speicherbereich frei ist.

Das dritte Segment ist das Bss-Segment. In ihm werden lediglich Datenbereiche definiert, deren Anfangszustand bzw. -inhalt unwichtig ist. Der Loader reserviert dann für das Programm irgendwo einen Speicherbereich, dessen erforderliche Länge als Bss-Bereich im Programm vermerkt ist (hunk_bss, siehe unten).

3.4.2.2 Programmaufbau (Hunks)

Eigentlich ist ein Programm nichts anderes als eine Reihe von binären Datenworten, die ein Maschinenprogramm bilden. Bei den "guten, alten 8-Bittern" war daher die Abspeicherung eines solchen Programms kein Problem: Man mußte nur das Programm aus dem Speicher auf die Diskette schreiben und fertig.

Eine Maschine wie der Amiga wirft dabei allerdings schon eine Reihe von Problemen auf, die diese Methode unbrauchbar machen. Das erste Problem wäre die Aufteilung des Speichers. Ist der Speicher, in dem das Programm zum ersten Mal gelaufen ist, beim nächsten Aufruf bereits belegt, so wäre das einfache "Reinladen" des Programms nicht mehr so ohne weiteres möglich. Das Programm muß an eine andere Stelle des Speichers geladen werden, was für ein normales Maschinenprogramm, das absolute Adressen verwendet, bedeutet, daß es nicht mehr läuft.

Dieses Problem wird beim Amiga dadurch gelöst, daß ein Programm auf der Diskette so abgespeichert ist, daß alle absoluten Adressen im Programm für die Startadresse $00000 ausgelegt sind. Wird das Programm nun z.B. ab $20000 geladen, so müssen vor dem Start alle diese falschen Adressen korrigiert, d.h. um $20000 erhöht werden. Damit das DOS, das dies erledigt, die zu ändernden Adressen im Programm finden kann, ist zusätzlich zum eigentlichen Programm eine Tabelle mit abgespeichert. In dieser Tabelle stehen die Offsets, die jeweils auf ein zu änderndes Langwort zeigen.

Dies macht deutlich, daß ein einziger Abschnitt nicht ausreicht, ein Programm auf der Diskette abzuspeichern. Bisher sind es schon zwei Abschnitte, die wir kennen: das Programm selbst und die Tabelle, die Relocation-Tabelle genannt wird. Es gibt aber noch eine Reihe weiterer solcher Abschnitte, die der Amiga verwendet. Ein aus solchen Teilen zusammengesetztes Programmteil wird Hunk genannt. Ein oder mehrere Hunks ergeben zusammen eine Programm-Einheit (program unit), wovon eine oder mehrere ein Object-File bilden. Aus einem oder mehreren solcher Object-Files setzt sich schließlich ein Load-File zusammen, was ein lauffähiges Programm darstellt.

Der Unterschied zwischen diesen beiden File-Typen ist der, daß ein Object-File ein noch nicht lauffähiges Programm beinhaltet, das z.B. von einem Compiler oder Assembler erstellt wurde. Will man ein oder mehrere dieser Files zu einem lauffähigen Programm machen, so muß

man dafür den Linker aufrufen. Dies ist ein Programm, das Object-Files zu einem einzigen Programm zusammenbindet (engl. to link: verbinden), das dann als Load-File abgespeichert wird. Das Ergebnis kann dann einfach durch die Eingabe seines Namens im CLI gestartet werden.

Der Vorteil dieses "Umweges" ist, daß so mehrere Teilprogramme, welche sich ggf. gegenseitig aufrufen, einzeln erstellt und übersetzt werden können. Das Hauptprogramm, das z.B. in C geschrieben ist und die main-Routine enthält, kann dann die in den anderen Dateien verteilten Funktionen oder Unterprogramme einfach aufrufen. Die Auslagerung der Funktionen aus dem Hauptprogramm verbessert somit die Übersichtlichkeit des Programms, da es wesentlich kürzer als das gesamte Programm sein kann.

Der Grund dafür, daß die einzelnen Programme nicht alleine laufen können, wird somit klar. Es werden ja Programmteile aufgerufen, die überhaupt nicht in diesem Programm enthalten sind! Erst nach dem Durchlauf des Linkers sind alle Funktionen und Unterprogramme in einem einzigen Programm-File enthalten.

Doch beginnen wir mit den kleinsten Abschnitten, aus denen sich die Hunks zusammensetzen. Einige dieser Programm-Datei-Teile kommen nur in Object-Files vor, einige nur in Load-Files. Sie beginnen jeweils mit einem bestimmten Langwort, das in der folgenden Tabelle in Klammern sedezimal mit angegeben wird.

Hier eine Übersicht über alle möglichen Hunk-Teile:

hunk_unit *($3E7)*

Mit diesem Teil beginnt eine Programm-Einheit in Object-Files. Nach der Kennung $3E7 folgt die Länge des Namens dieser Einheit und danach der Name selbst, der an einer Langwort-Grenze enden muß.

hunk_name *($3E8)*

Hier liegt der Hunk-Name: Nach der Kennung $3E8 folgt die Namenslänge und der Name selbst, der an einer Langwortgrenze enden muß.

hunk_code *($3E9)*

Dieser Teil enthält einen Programmteil, der nach der Korrektur der absoluten Adressen laufen kann. Auch hier kommt nach der Kennung $3E9 die Anzahl der Langworte des Programms, und dann folgen die Langworte selbst.

hunk_data *($3EA)*

Auch hier beginnt ein Programmteil, allerdings nur Daten des Programms, die einen definierten Inhalt haben müssen (data). Einige dieser Daten können auch eine Adreß-Korrektur erfordern. Der Kennung folgt die Anzahl der Daten und die Daten selbst.

hunk_bss *($3EB)*

Die Daten dieses Teiles gehören zwar auch zum Programm selbst, haben aber keinen definierten Inhalt. Aus diesem Grund ist hier auch nach der Kennung nur die Anzahl der benötigten Langworte, nicht jedoch die Daten selbst aufgeführt (bss = block storage segment).

hunk_reloc32 *($3EC)*

Dieser Block enthält die Offsets, die auf die zu korrigierenden Adreß-Langworte innerhalb des Programms zeigen. Diese Offsets sind für das gesamte Programm gültig. Die Aufteilung dieses Blocks ist folgende:

Nach der Kennung $3EC folgt die Anzahl der Offsets, die in der ersten Tabelle enthalten sind. Das nächste Langwort bezeichnet die Nummer des Hunks, auf den sich diese Offsets beziehen, danach folgen die Offsets selbst. Das darauffolgende Langwort ist wieder eine Anzahl, danach folgt die Hunk-Nummer dieser Tabelle usw., bis als Anzahl eine Null auftritt und somit diesen Hunk-Teil beendet.

Das Ganze noch einmal in übersichtlicher Form:

```
-       $3EC (hunk_reloc32)

-       Anzahl der Offsets
-       Hunk-Nummer
-       Offsets...

-       Anzahl der Offsets (oder 0: Ende)
-       Hunk-Nummer
-       Offsets...
```

```
...
-     0: Ende von hunk_reloc32
```

Auf diese Weise kann diese Tabelle alle Hunks abdecken, aus denen das Programm, das schließlich im Speicher liegt und ablaufen soll, zusammengebaut ist.

hunk_reloc16 *($3ED)*

Diese Tabelle ist ebenso wie hunk_reloc32 aufgebaut, nur daß diese Offsets sich auf 16-Bit-Adressen beziehen. Solche Adressen tauchen bei PC-relativen Adressierungen auf.

hunk_reloc8 *($3EE)*

Auch diese Tabelle hat das gleiche Format wie hunk_reloc32. Die hier enthaltenen Offsets werden bei 8-Bit-Adressen verwendet, die ebenfalls bei PC-relativen Aressierungen auftreten.

hunk_ext *($3EF)*

In diesem Block sind die Namen von externen Referenzen eingetragen. Solche Referenzen treten nur in Object-Files auf. Es handelt sich dabei um Adressen von Funktionen oder Unterroutinen, die dem Programmteil nicht bekannt sind und vom Linker eingesetzt werden müssen.

Der Kennung folgen mehrere sogenannte "symbol data units", die durch ein Null-Wort abgeschlossen werden. Diese Symbol-Definitionen haben folgenden Aufbau:

1 Byte: Symbol-Typ. Hierfür gibt es folgende Möglichkeiten:

Wert	Name	Symbol-Typ
0	ext_symb	Symbol-Tabelle für Fehlersuche.
1	ext_def	Zu korrigierende Definition.
2	ext_abs	Absolute Definition.
3	ext_res	Bezug auf residente Bibliothek.
129	ext_ref32	32-Bit-Korrektur.
130	ext_common	Allgemeine 32-Bit-Korrektur.
131	ext_ref16	16-Bit-Korrektur.
132	ext_ref8	8-Bit-Korrektur.

- 3-Byte-Wert für die Namenslänge (in Langworten).
- Symbolname.
- Symbolwert und ggf. weitere Daten.

Die nach dem Namen folgenden Daten haben in diesen Hunks dreierlei Aufbau, abhängig vom Symbol-Typ. Bei den Typen _def, _abs und _res folgt dem letzten Langwort des Namens lediglich der absolute Wert des Symbols als Langwort.

Dem Namen der drei _ref-Typen folgt hingegen ein Langwort, das die Anzahl der darauf folgenden Referenzwerte enthält.

Das gleiche gilt auch für ext_common, nur daß hier zwischen dem Namen und diesem Zähler noch die Größe des Common-Blocks liegt.

hunk_symbol *($3F0)*

In diesem Block liegen ebenfalls Symbole mit ihrem Namen und Wert. Diese Symbole sind jedoch nicht für den Linker interessant, sondern für einen Debugger, ein Programm zur Fehlersuche in Programmen. In diesen Programmen kann dann eine Routine getestet werden, deren Adresse nicht als Zahl, sondern als Name verfügbar wird, ebenso wie die Speicherplätze von Variablen. Der Kennung $3F0 folgen wieder symbol-data-units, abgeschlossen von einer Null.

hunk_debug *($3F1)*

Der Aufbau dieses Blocks ist nicht vollständig vorgeschrieben. Es können hier Informationen über das Programm eingetragen werden, über die das Programm zur Fehlersuche verfügen soll. Der Block muß nur mit der Kennung $3F1 beginnen, und die Anzahl der anschließenden Langworte muß folgen.

hunk_end *($3F2)*

Dies ist der einzige unbedingt nötige Block innerhalb des Hunks. Er besteht nur aus der Kennung, die somit auch das letzte Langwort eines Programms bzw. einer Objekt-Datei auf der Diskette ist.

hunk_header *($3F3)*

Mit diesem Block beginnt ein Load-File. Hier wird angegeben, aus wie vielen Hunks das zu ladende Programm besteht und wie groß

diese jeweils sind. Außerdem enthält dieser Block die Namen der residenten Bibliotheken, die beim Laden dieses Programms mitgeladen werden müssen. Der Aufbau ist folgender:

- hunk_header ($3F3).

- Länge des Namens des ersten Hunks (in Langworten).
- Hunk-Name.

- Länge des Namens des zweiten Hunks (oder 0: Ende).
- Hunk-Name.

...

- 0: Ende der Namensliste.
- Höchste Hunk-Nummer+1.

- Nummer vom zuerst zu ladenden Hunk.
- Nummer vom zuletzt zu ladenden Hunk: Tabellenlänge.
- Längen der Hunks.

- Hier beginnen die Hunks dieses Programms.

hunk_overlay *($3F5)*

Dieser Block wird benötigt, wenn mit Overlay gearbeitet werden soll. Dies bedeutet, daß in einen bereits vom Programm belegten Speicherbereich ein anderes Programm- bzw. Datensegment geladen werden soll. Die Tabelle nach der Kennung $3F5 enthält die Angaben über die Tabellengröße, die höchste Ebene der Überlagerungen (die Anzahl der Überschreibvorgänge) und die nachzuladenden Daten selbst.

hunk_break *($3F6)*

Mit dieser alleinstehenden Kennung wird das Ende eines Overlay-Programmteils gekennzeichnet.

Um diese Aufteilung von Programmen etwas zu entwirren und zu demonstrieren, hier ein kleines Beispiel. Im CLI-Kapitel habe ich Ihnen ein kleines Maschinen-Programm vorgestellt, das den CLI-Befehl FONT darstellt. Wie dieses Programm (vom K-SEKA-Assembler) auf die Diskette gebracht wird, können Sie sich leicht ansehen, indem Sie mit dem TYPE-Kommando des CLI den Inhalt der Programmdatei "Font" ausgeben lassen. Das können Sie mit dem Kommando

```
>type Font opt h
```

auf dem Bildschirm oder mit

```
>type Font to PRT: opt h
```

auf dem Drucker bewirken. Sie erhalten dann folgenden Ausdruck:

```
0000:    000003F3     00000000     00000002     00000000
0010:    00000001     00000024     00000001 /   000003E9
0020:    00000024 /   53406700     00180C18     00206600
0030:    000A51C8     FFF66000     000813E0     0000007F
0040:    2C790000     000443F9     00000072     70004EAE
0050:    FE6823C0     00000088     67000028     2C790000
0060:    00884EAE     FFC42200     243C0000     007E263C
0070:    00000009     2C790000     00884EAE     FFD06000
0080:    0008203C     FFFFFFFF     22002C79     00000088
0090:    4EAEFF70     4E75646F     732E6C69     62726172
00A0:    79009B30     3B33313B     34306D00     00000000
00B0:    3B4F7065 /   000003EC     00000007     00000000
00C0:    00000018     00000024     00000030     0000003A
00D0:    00000046     00000052     00000068     00000000 /
00E0:    000003F2 /   000003EB     00000001 /   000003F2
```

Die Schrägstriche erhalten Sie nicht bei der Ausgabe, diese sollen nur jetzt die einzelnen Abschnitte bzw. Hunk-Teile trennen. Sehen wir uns diese Teile einmal an:

Zu Beginn steht die Kennung $3F3, hunk_header. Die darauffolgende $0 bedeutet, daß keine Hunk-Namen vorliegen. Danach gibt die $2 an, daß dieses Programmfile aus nur zwei Hunks besteht (wie gesagt, nur ein einfaches kleines Beispiel). Das erste zu ladende Hunk ist die Nummer $0, das letzte die Nummer $1. Die Größen dieser beiden Hunks sind $24 und $1.

Mit der Kennung $3E9 (hunk_code) beginnt nun der Teil, in dem die Programmdaten selbst stehen. Die Länge wird mit $24 angegeben. Danach folgen $24 (36) Langworte des Programmkodes.

Danach beginnt mit der Kennung $3EC (hunk_reloc32) der Bereich mit den Offsets für die Korrektur der Adressen. Die Anzahl wird mit $7 angegeben, und diese Offsets beziehen sich auf Hunk-Nummer $0. Nun folgen die 7 Offsets selbst. Der erste dieser Offsets, $18, deutet auf den Wert $0000007F, das $18. Wort des Codes. Zu diesem Langwort wird also nach dem Laden des Programms die Anfangsadresse addiert, so daß dort die effektive Speicheradresse des addressierten Bytes hinkommt. Ebenso wird mit den anderen Offsets der reloc32-Liste verfahren.

Der Liste folgt nun eine $0, was das Ende der hunk_reloc32-Liste bedeutet. Die darauffolgende Kennung $3F2 (hunk_end) gibt nun das Ende des ersten Hunks an. Es folgt nun also das zweite, dessen Länge ja eins war.

Nun folgt die Kennung $3F2 (hunk_bss), der die Zahl $1 folgt. Dies bedeutet, daß ein Langwort zusätzlich reserviert werden muß, in das das Programm ja die DOS-Basisadresse legen will. Den Abschluß bildet nun noch die Kennung $3F2 (hunk_end), was das Ende des zweiten Hunks und auch des gesamten Programms darstellt.

Um diese Aufteilung eines Programms oder einer Objekt-Datei analysieren zu können, müßte man also immer den oben vorgeschlagenen Hex-Ausdruck anfertigen und die einzelnen Hunks bzw. deren Header suchen. Um einerseits dies zu automatisieren und andrerseits die Auswertung der verschiedenen Hunks zu demonstrieren, folgt nun ein kleines Programm, das eine Datei durchsucht und die darin enthaltenen Hunks in einem Fenster darstellt. Aufgerufen wird dieses Programm vom CLI aus mit Angabe eines Dateinamens. Wenn Sie also das Programm HUNKS nennen, so können Sie die oben über das Font-Programm erhaltenen Kenntnisse verifizieren, indem Sie eingeben:

```
>Hunks c:Font
```

Das Hunks-Programm wird daraufhin ein Fenster öffnen, den übergebenen Dateinamen ausgeben und die angegebene Datei öffnen. Danach werden die Namen der gefundenen Hunks untereinander ausgegeben und mit der Aufforderung "Bitte Return drücken" abgeschlossen. Natürlich können Sie auch mit Hilfe der DOS-Funktion OUTPUT die Ausgabe auf das Standard-Ausgabegerät leiten, dessen Handle diese Funktion ja ergibt. In dem Fall können Sie dann auch die Ausgaben dieses Programms z.B. auf den Drucker leiten.

Sollten in der Datei hunk_ext-Hunks auftreten, so sind dies meist eine ganze Reihe. Um zu verhindern, daß dabei durch die Ausgabe von -zig "hunk_ext" der Rest untergeht bzw. aus dem Bild scrollt, werden bei Wiederholungen nur Punkte neben der Angabe des _ext-Typen ausgegeben.

Hier nun das Programm, in dem Sie auch die Aufteilung der einzelnen Hunks deutlich erkennen können:

```
;*****  Datei-Hunks-Analysator  5/88  S.D.  *****

OpenLib  =-408
closelib =-414
ExecBase =4

Open      =-30
Close     =-36
Read      =-42
Write     =-48
Seek      =-66
mode_old  =1005

lf  =$a

run:
  clr.b  -1(a0,d0)
  subq   #1,d0                      ;Anzahl Bytes-1
  beq    ret                        ;Kein Argument da!
  move   d0,length
search:
  cmp.b  #$20,(a0)+                 ;Argument (FN) suchen
  bne    found
  dbra   d0,search
  bra    ret                        ;Doch kein Argument!

found:
  subq.l #1,a0
  move.l a0,fname                   ;FN-Adresse retten

  move.l sp,spsave                  ;SP retten
  clr    ext_nr

  move.l execbase,a6                ;Zeiger auf EXEC-Bibliothek
  lea    dosname(pc),a1
  moveq  #0,d0
  jsr    openlib(a6)                ;Open DOS-Library
  move.l d0,dosbase
  beq    error

  move.l #consolname,d1             ;Console-Definition
  move.l #mode_old,d2
  move.l dosbase,a6
  jsr    open(a6)                   ;Console öffnen
  beq    error
  move.l d0,conhandle

  move.l fname,d1                   ;File-Name
  move.l #mode_old,d2
  jsr    open(a6)                   ;File öffnen
  beq    error
  move.l d0,fhandle

  move.l fname,d2
  move   length,d3
  move.l d2,a0
  move.b #lf,0(a0,d3)
  move.b #lf,1(a0,d3)
```

```
  addq   #2,d3
  move.l conhandle,d1
  jsr    Write(a6)                 ;File-Namen ausgeben

loop:
  bsr    readlw                    ;Langwort einlesen
  move.l (a1),d0                   ;Langwort in D0: Hunk-Kennung
  sub.l  #$3e7,d0                  ;ab 0
  move.l d0,hunknr                 ;Nummer retten

  mulu   #13,d0
  move.l #names,d2
  add.l  d0,d2
  move.l #13,d3  move.l conhandle,d1
  jsr    Write(a6)                 ;Hunk-Namen ausgeben

  move.l hunknr,d0
  bmi    error                     ;ERROR: Nr. zu klein???
  cmp.l  #14,d0
  bgt    error                     ;ERROR: Nr. zu groß???

  bsr    next                      ;Zum nächsten LW
  move.l hunknr,d0
  lsl.l  #2,d0                     ;Nr. mal 4
  lea    jumps,a0
  lea    0(a0,d0),a0
  move.l (a0),a0
  jsr    (a0)                      ;Zur Routine: Hunk überspringen

  bra    loop

error:
  move.l #failed,d2
  move.l #enter-failed,d3
  move.l conhandle,d1
  jsr    Write(a6)                 ;"Fehler aufgetreten!"

ende:  move.l spsave,sp            ;Alten SP holen

  move.l #enter,d2
  move.l #dot-enter,d3
  move.l conhandle,d1
  jsr    Write(a6)                 ;"Return drücken"

  move.l conhandle,d1
  move.l #puffer,d2                ;Buffer-Adresse
  move.l #1,d3                     ;1 Zeichen
  move.l dosbase,a6
  jsr    read(a6)                  ;Einlesen

  move.l fhandle,d1
  move.l dosbase,a6
  jsr    close(a6)                 ;File schließen

  move.l conhandle,d1
  jsr    close(a6)                 ;Fenster schließen

  move.l dosbase,a1
```

```
  move.l execbase,a6
  jsr    closelib(a6)              ;DOS.Lib schließen
  rts

seek_it:
  bsr    seek_it2                  ;Zeiger bewegen readlw:
  move.l fhandle,d1
  move.l #puffer,d2
  move.l #4,d3                     ;1 Langwort lesen
  move.l dosbase,a6
  jsr    Read(a6)
  tst.l  d0
  beq    ende                      ;EOF
  move.l #-4,d2                    ;und Zeiger zurückstellen

seek_it2:                          ;Zeiger bewegen  move.l fhandle,d1
  move.l #0,d3                     ;offset_current
  move.l dosbase,a6
  jsr    Seek(a6)
  lea    puffer,a1
ret:
  rts

; ***** Hunk-Auswertungen *****

name:                              ;Namen-Hunk
lws:                               ;Daten-Hunk
  move.l (a1),d2                   ;Anzahl in D2
  lsl.l  #2,d2                     ;mal 4
  bsr    seek_it                   ;Zeiger setzen

next:                              ;Zeiger auf nächstes LW
  move.l #4,d2
  bra    seek_it

reloc:                             ;hunk_reloc
  move.l (a1),d2
  beq    next                      ;Keine weiteren Offsets
  lsl.l  #2,d2                     ;sonst Anzahl mal 4
  addq.l #8,d2                     ;plus 2 LW
  bsr    seek_it                   ;suchen
  bra    reloc                     ;usw...

sdu:                               ;Symbol Data Unit (nur Objekt-Files)
  move.b (a1),d1                   ;ext Typ
  move.l (a1),d0
  beq    next                      ;Ext-Ende
  and.l  #$ffffff,d0               ;Namenslänge ausmaskieren
  bsr    lws                       ;Namen überspringen

  cmp.b  #130,d1                   ;ext_common?
  beq    common                    ;Ja!
  cmp.b  #3,d1                     ;ext_def/abs/res?
  bgt    ref                       ;Nein: ext_ref

  move.l #ext_types,d2
  moveq  #1,d4                     ;Typ 1
  bsr    pr_ext
```

```
  bra    sdu                              ;Nächste SDU...

ref:
  move.l #ext_types+19,d2
  moveq  #2,d4                            ;Typ 2
  bsr    pr_ext
ref1:
  move.l (a1),d0
  bsr    lws                              ;Referenzen überspringen
  bra    sdu                              ;Nächste SDU...

common:  move.l #ext_types+38,d2
  moveq  #3,d4                            ;Typ 3
  bsr    pr_ext
  bsr    next                             ;Common-Block-Größe überspringen
  bra    ref1

pr_ext:
  move.l #19,d3
  cmp.b  ext_nr,d4                        ;Selber Typ?
  bne    nodot                            ;Nein
  move.l #dot,d2                          ;Ausgabe "." vorbereiten
  move.l #1,d3
nodot:
  move.b d4,ext_nr
  move.l conhandle,d1
  jsr    Write(a6)                        ;"- ext_xxx" oder "."
  move.l #puffer,a1
  rts

header:                                   ;hunk_header
  move.l (a1),d2
  beq    tabl                             ;Kein weiterer Name
  lsl.l  #2,d2
  add.l  #4,d2
  bsr    seek_it                          ;Sonst Namen überspringen
  bra    header                           ;usw...
tabl:
  moveq  #12,d2
  bsr    seek_it                          ;Zeiger auf 'Last Hunk'
  move.l (a1),d2
  lsl.l  #2,d2                            ;Hunk-Größen überspringen
  bsr    seek_it
  bsr    next
  bra    next

consolname:  dc.b 'RAW:140/0/500/200/** Hunk-Tabelle **',0
dosname:     dc.b 'dos.library',0
failed:      dc.b lf,lf,'!! Fehler aufgetreten!!'
enter:       dc.b lf,lf,'** Bitte Return drücken! **'
dot:         dc.b "."

names:  dc.b lf,"hunk_unit   "
  dc.b lf,"hunk_name   "
  dc.b lf,"hunk_code   "
  dc.b lf,"hunk_data   "
  dc.b lf,"hunk_bss    "
  dc.b lf,"hunk_reloc32"
```

```
        dc.b lf,"hunk_reloc16"
        dc.b lf,"hunk_reloc8 "
        dc.b lf,"hunk_ext    "
        dc.b lf,"hunk_symbol "
        dc.b lf,"hunk_debug  "
        dc.b lf,"hunk_end    "
        dc.b lf,"hunk_header "
        dc.b lf,"hunk_overlay"
        dc.b lf,"hunk_break  "

ext_types:  dc.b lf,"- ext_def/abs/res "
        dc.b lf,"- ext_ref32/16/8  "
        dc.b lf,"- ext_common      "
        even

jumps: dc.l name,name,lws,lws,next
        dc.l reloc,reloc,reloc,sdu
        dc.l sdu,lws,ret,header,lws,ret

data                          ;Beginn des bss-Bereiches

ext_nr:       dc.w 0
spsave:       dc.l 0
dosbase:      dc.l 0
conhandle:    dc.l 0
fhandle:      dc.l 0
hunknr:       dc.l 0
fname:        dc.l 0
length:       dc.w 0
puffer:       dc.l 0
```

3.4.2.3 Das IFF-Format

IFF steht für Interchange-File-Format, so daß IFF-Format eigentlich doppelt gemoppelt ist. Nach all den in diesem Kapitel kennengelernten Datenstrukturen, die der Amiga auf seinen Disketten und im Speicher verwendet, ist nun die Besprechung des IFF dran. Es handelt sich dabei um ein Format, in dem diverse Datenfiles aufgebaut werden, damit sie von jedem Programm gelesen und ausgewertet werden können.

Eigentlich gehört dies gar nicht in ein Amiga-Intern-Buch, da das IFF nicht unmittelbar mit dem Amiga zu tun hat. Es wurde vielmehr von der Firma Electronic Arts entworfen und hat sich so sehr zum Standard entwickelt, daß es inzwischen überall auftaucht. Daher soll hier ein Überblick über die Struktur des IFF gegeben werden.

Wofür braucht man so ein standardisiertes Format? Stellen Sie sich dafür ein Bild vor, das mit irgendeinem Programm auf dem Amiga gemalt wurde. Dieses Bild besteht aus einer Anzahl Daten, die auf dem Bildschirm die verschiedenen Farben des Bildes erscheinen lassen.

Wenn Sie diese Daten nun einfach auf die Diskette bringen, so wird es später beim Laden schon Probleme geben: Wie groß ist denn das Bild, auf dem diese Daten verteilt werden sollen? Welche Farbmischungen sollen verwendet werden? Wie Sie sehen ist es mit den Bilddaten selbst nicht getan. Sie müssen außerdem noch einige andere Informationen in der Datei unterbringen, und zwar so, daß ein anderes Programm sie auch wiederfinden kann.

Dieses Problem wurde durch die Einführung des IFF gelöst. Hier werden die Daten in einer fest definierten Art und Weise aufgeteilt und gespeichert. Jeder der verschiedenen Datenblöcke erhält dafür einen Header, einen bestimmten Vorspann, der aus einem Wort von 4 Buchstaben und einem Datenwort mit der Blocklänge besteht.

Den Anfang einer IFF-Datei bildet das Wort FORM, was bedeutet, daß hier ein Datenbereich einer bestimmten Anwenderform (Text, Bild etc.) beginnt. Das nun folgende Langwort gibt die Länge der Form an, die hier beginnt. Diese Form ist eine Kombination aus einigen Datenblöcken, die Chunks genannt werden. Eine IFF-Datei kann theoretisch auch aus mehreren Forms bestehen, wenn z.B. eine Text- und eine Bilddatei kombiniert wurde. Üblicherweise besteht eine Datei jedoch aus nur einer Form, da es sich ja meist nur um eine Text-, Bild- oder Sound-Datei handelt.

Nach dem Wort FORM folgt also ein Langwort mit der Länge dieser Form in Bytes, was üblicherweise der Dateilänge 8 entspricht. Danach kommt ein weiteres 4-buchstabiges Wort, welches den Typ dieser Datei angibt (ILBM, WORD etc.).

Unmittelbar auf den Typ folgt nun die Kennung des ersten Chunks, gefolgt von dessen Länge. Nach dieser Anzahl Daten folgt, eventuell mit einem Füll-Byte auf eine gerade Adresse gebracht, der nächste Chunk usw., bis das Ende der Form und damit meist das Ende der Datei erreicht ist.

Das Ganze im Überblick:

'FORM'	Beginn einer IFF-Form
Formlänge	Länge der Form in Bytes
Typ	Kennung, z.B. ILBH, WORD, SMUS, 8SVX
Chunkname	Name des Chunks, z.B. NAME, AUTH, BODY
Chunklänge	Länge des Chunks in Bytes
usw...	

Es gibt inzwischen eine sehr große Anzahl von möglichen Chunk-Arten. Hier eine Übersicht über die wichtigsten Arten mit Kennung und Bedeutung:

Dateityp: Text-Datei (WORD)

BODY
Haupt-Datenteil für Bilder.

COLR
Farben des Textes.

DOC
Textart.

FOOT
Fußzeile.

FONT
Verwendete Zeichensätze.

FSCC
Text-Farb-Information.

HEAD
Kopfzeile.

PARA
Layout-Informationen (linker und rechter Rand etc.).

PCTS
Informationen über in den Text zu integrierende Bilder.

PINF
Informationen über die Bilder selbst.

TABS
Tabulator-Informationen.

TEXT
Eigentlicher Text-Teil.

Dateityp: Graphik-Datei (ILBM)

BMHD
Graphik-Steuerdaten.

CMAP
Farbtabelle.

BODY
Graphik-Daten.

Dateityp: Musik-Datei (SMUS)

SHDR
Sound-Steuerdaten (Tempo, Lautstärke, Tonkanal).

NAME
Name des Musikstückes.

(c)
Copyright-Vermerk.

AUTH
Name des Autors.

ANNO
Bemerkungen zu diesem Stück.

TRAK
Kanal-Angabe.

Dateityp: 8-Bit-digitalisierter-Sound-Datei (8SVX)

VHDR
Steuerdaten (Typ, Tempo, Oktave, Lautstärke).

NAME
Name des Klanges.

(c)
Copyright-Vermerk.

AUTH
Name des Autors.

ANNO
Bemerkungen zu diesem Sound.

BODY
Sound-Daten.

ATAK
Attack-Informationen.

RLSE
Release-Informationen.

Wenn Sie eine IFF-Datei auf einer Diskette vorliegen haben (z.B. auf der BECKERtext-Diskette), so können Sie sich deren Aufteilung einmal ansehen. Dafür folgt nun ein kleines Maschinenprogramm, das alle Kennungen mit deren Längen in einem Fenster ausgibt. Der Name der Datei wird dabei direkt in das Programm eingesetzt.

```
 ;*****  IFF-Demo-Programm  6/87  S.D.  *****

OpenLib   =-408
closelib  =-414
ExecBase  =4

Open      =-30
Close     =-36
Seek      =-66
Read      =-42
Write     =-48
mode_old  =1005

key       = $bfec01                     ;Sondertasten-Status

run:
  move.l execbase,a6                    ;Zeiger auf EXEC-Bibliothek
  lea    dosname(pc),a1
  moveq  #0,d0
  jsr    openlib(a6)                    ;DOS-Library öffnen
  move.l d0,dosbase
  beq    error

  move.l #consolname,d1                 ;Consol-Definition
  move.l #mode_old,d2
  move.l dosbase,a6
  jsr    open(a6)                       ;CON:-Fenster öffnen
  beq    error
  move.l d0,conhandle

  move.l #filename,d1
  move.l #mode_old,d2
  move.l dosbase,a6
  jsr    open(a6)                       ;File öffnen
  beq    error
  move.l d0,filehandle

loop:
  cmp.b  #$37,key                       ;Alternate gedrückt?
  beq    qu                             ;Ja: Abbruch

  move.l #-1,d0
del:
  dbra   d0,del                         ;Kleine Pause für's Ablesen...
```

```
        bsr     read4                           ;Deklarator einlesen
        beq     qu                              ;EOF
        bmi     error                           ;Error

        move.l  conhandle,d1
        move.l  #buffer,d2                      ;Buffer-Adresse
        move.l  #6,d3                           ;4 Zeichen
        jsr     write(a6)                       ;Deklarator ausgeben
        beq     error

        move.l  buffer,d5                       ;Deklarator retten
        cmp.l   #'FORM',d5                      ;FORM?
        bne     noform                          ;Nein
        st      flag                            ;Sonst Flag setzen
        bra     form                            ;und weiter

noform:
        tst     flag                            ;Kennung?
        beq     form                            ;Nein
        clr     flag                            ;Sonst Flag löschen
        move.l  #'----',outpuff                 ;Kennzeichnen
        bsr     print
        bra     loop                            ;und weiter

form:
        bsr     read4                           ;Länge einlesen
        beq     qu                              ;EOF
        bmi     error                           ;Error
        move.l  buffer,d0                       ;Wert in D0
        bsr     phex                            ;und ausgeben

        cmp.l   #'FORM',d5                      ;FORM?
        beq     loop                            ;Ja: nächster

        move.l  filehandle,d1
        move.l  buffer,d2
        addq.l  #1,d2
        bclr    #0,d2                           ;Auf gerade Adresse
        move.l  #0,d3                           ;Modus: OFFSET_CURRENT
        jsr     Seek(a6)                        ;Nächsten Teil suchen
        bra     loop                            ;weiter...

qu:
        move.l  conhandle,d1
        move.l  #endtext,d2                     ;Ende-Text
        move.l  #25,d3
        jsr     Write(a6)                       ;Ausgeben

        move.l  conhandle,d1
        move.l  #buffer,d2                      ;Buffer-Adresse
        move.l  #1,d3                           ;1 Zeichen
        jsr     Read(a6)                        ;einlesen
        bra     ende

error:
ende:
        move.l  conhandle,d1                    ;Fenster schließen
```

```
  move.l dosbase,a6
  jsr    Close(a6)

  move.l filehandle,d1                          ;Datei schließen
  jsr    Close(a6)

  move.l dosbase,a1                             ;DOS.Lib schließen
  move.l execbase,a6
  jsr    CloseLib(a6)

  rts                                           ;Ende!

read4:                                          ;4 Zeichen einlesen
  move.l filehandle,d1
  move.l #buffer,d2                             ;Buffer-Adresse
  move.l #4,d3                                  ;4 Zeichen einlesen
  jmp    Read(a6)

phex:                                           ;D0 sedezimal ausgeben
  lea    outpuff,a0
  move   d0,d2
  move   #3,d3                                  ;4 Ziffern
niblop:
  rol    #4,d2                                  ;Linkes Nibble nach unten
  move   d2,d1
  and    #$f,d1                                 ;Ausmaskieren
  add    #$30,d1                                ;Zu ASCII machen
  cmp    #'9',d1                                ;Ziffer?
  bls    nibok                                  ;Ja
  add    #7,d1                                  ;Sonst korrigieren
nibok:
  move.b d1,(a0)+                               ;Zeichen in Ausgabepuffer
  dbra   d3,niblop                              ;Schleife fortführen
  move.b #$a,(a0)                               ;Return ans Ende

print:
  move.l dosbase,a6
  move.l conhandle,d1
  move.l #outpuff,d2                            ;Ausgabepuffer
  move.l #5,d3                                  ;5 Zeichen
  jmp    Write(a6)                              ;ausgeben

dosbase:      dc.l 0
conhandle:    dc.l 0
filehandle:   dc.l 0
flag:         dc.w 0
outpuff:      dc.b '     '
buffer:       dc.b '    '
consolname:   dc.b 'RAW:0/10/400/240/** IFF-Format',0
dosname:      dc.b 'dos.library',0
filename:     dc.b 'IFF-Datei',0
endtext:      dc.b '** Bitte Taste drücken **' even
```

Das Programm öffnet ein Fenster und gibt darin die Kennungen und Längen der einzelnen Chunks innerhalb der Datei an. Der Name der Datei muß bei "filename:" in das Programm eingetragen werden. Bei

der Ausgabe wurde zusätzlich eine kleine Warteschleife eingebaut, damit die Ausgaben leichter abzulesen sind. Wenn es Ihnen allerdings zu lange dauert oder die Datei gar keine IFF-Datei sein sollte, so können Sie durch Drücken der Alternate-Taste das Programm beenden. Es wird dann nur noch auf einen beliebigen Tastendruck gewartet und das Fenster geschlossen.

3.5 Interner Aufbau des AmigaDOS

Nachdem wir das DOS in Verbindung mit der Außenwelt betrachtet haben, werden wir nun einen Blick in die Tiefen des Amiga werfen. Der interne Aufbau des AmigaDOS ist nämlich recht interessant zu erforschen, da diese Kenntnisse für die Programmierung sowie das Verständnis des DOS Vorteile bringen.

3.5.1 Die DOS-Strukturen

Das DOS ist in einer Programmiersprache geschrieben worden, die irgendwo zwischen C und Maschinensprache liegt. Diese Sprache heißt BCPL und ist sehr maschinennah, was leicht an den Zeigertabellen erkennbar ist, die sich immer wieder zeigen. Eine weitere Besonderheit dieser Sprache ist es, daß die "normalen" Zeiger, die auf Routinen oder Programmsegmente weisen, hier den Namen BPTR tragen und nicht die physikalische Adresse, sondern ein Viertel dieses Wertes enthalten. Diese Zahl entspricht dann sozusagen der Nummer des adressierten Langworts im Speicher.

Aus diesem Grund kommt es auch sehr oft bei den Amiga-Strukturen vor, daß irgendwelche Daten genau auf einer Langwortgrenze liegen müssen, sprich die Adresse ganzzahlig durch vier teilbar sein muß. Wird diese Adresse nämlich im DOS verwendet, so wird sie erst einmal durch vier geteilt, dann der internen BCPL-DOS-Routine übergeben, wo sie wieder mit vier multipliziert wird (zweimal nach links geschoben).

Das DOS liegt im ROM des Amiga, unterteilt in mehrere Segmente. Das erste Segment beginnt (im Kickstart-ROM 1.2) ab Adresse $FF4210, und zwar mit einem BPTR auf das nächste Segment ($FF4E08), gefolgt von der Länge dieses Segmentes in Langworten ($2FD). Danach folgt ein BRA-Befehl, der in die Initialisierung des

Funktionen weitaus mehr Funktionen über diese Offsets erreichbar sind. Die Offsets werden nämlich als Zeiger in die sogenannte Global-Vector-Table (GVT) verwendet, in der etliche Adressen stehen.

Bevor wir die einzelnen Offsets der offiziellen und internen DOS-Funktionen für den direkten Aufruf auflisten, sollte deren Anwendung erst einmal verdeutlicht werden. Dafür folgt nun wieder ein kleines Programm, das nichts anderes tun soll, als ein kleines Fenster zu öffnen, auf die Betätigung der Return-Taste zu warten und dann das Fenster wieder zu schließen. Dies sind drei DOS-Funktionen, welche dabei, wie gesagt, ohne Öffnen der DOS-Bibliothek aufgerufen werden.

Für den Funktionsaufruf selbst ist hier ein Macro verwendet worden. Dieses Macro wird beim Assemblieren des Programms überall dort eingesetzt, wo der Macroname (doscall) auftaucht. Der danach angegebene Parameter wird dann dort eingesetzt, wo in der Macrodefinition ?1 steht. Dieser Parameter ist dann unser Offset. Der Aufbau dieser Macro-Definition kann bei Ihrem Assembler evtl. etwas anders aussehen, die Umsetzung dürfte jedoch kein Problem darstellen.

Das Macro arbeitet recht einfach. Zuerst wird die Vektornummer in D0 gelegt und vorzeichenrichtig auf ein Langwort erweitert. Danach wird dieser Wert mit 4 multipliziert, um als Offset auf die GVT verwendet zu werden. Aus dieser wird dann die Sprungadresse entnommen. Nachdem dann das Register D0 auf den Standardwert $C gesetzt wird, wird die Routine mit JSR aufgerufen. Der Wert in D0 wird innerhalb der Routinen verwendet, um den Puffer zum Ablegen der Register zu bestimmen. Dieser Puffer liegt auf dem Stack und wird mit MOVEM.L A1/A3/A4,-12(A1,D0) adressiert, nachdem die Rücksprungadresse in A3 geladen wurde. Hier nun das erwähnte Beispielprogramm inklusive des Macros:

```
;*****  vom CLI: DOS-Grundfunktionen 6/87  S.D.  *****

Open  =$ff                            ;DOS-Kommando: Open
Close  =$5d                           ;              Close
Read  =$fd                            ;              Read

mode_old=1005

; **** Definition des Macros 'doscall' ****

doscall:   MACRO                      ; ** Direkter DOS-Aufruf **
  move.b   #?1,d0                     ;Vektor-Nummer
  ext      d0                         ;in Langwort
  ext.l    d0                         ;umwandeln
```

```
       lsl      #2,d0                  ;Mal 4: in Offset umwandeln
       move.l   0(a2,d0),a4            ;Funktions-Adresse ermitteln
       moveq    #$c,d0
       jsr      (a5)                   ;Funktions-Aufruf
      ENDM

; **** Programmanfang ****

run:
      move.l  #consolname,d1           ;Consol-Definition
      move.l  #mode_old,d2             ;Modus
      doscall Open                     ;CON:-Fenster öffnen
      move.l  d1,conhandle             ;Fensterhandle retten

      move.l  #inbuff,d2               ;Buffer-Adresse
      move.l  #1,d3                    ;1 Zeichen
      doscall Read                     ;Zeichen einlesen

      move.l  conhandle,d1             ;Fenster schließen
      doscall Close                    ;mit Close

      clr.l   d1                       ;Status: OK
      jsr     (a6)                     ;Ende des Programms

; **** Datenfelder ****

conhandle:    dc.l 0
inbuff:       blk.b 8
consolname:   dc.b 'RAW:100/50/300/100/** Test-Fenster',0
      even
```

Sie sehen, wie einfach ein CLI-Kommando zu programmieren ist! Mit ganzen 11 Zeilen Programmtext werden schon drei DOS-Funktionen ausgeführt. Auch das FONTS-Programm aus dem Programme-Kapitel könnte so wesentlich kürzer werden. Probieren Sie es aus!

3.5.3 Die interne DOS-Vektoren-Tabelle

Die Funktions-Offsets der DOS-Funktionen sind, wie gesagt, andere als beim normalen DOS-Aufruf, da sie interne Funktionsnummern darstellen. Die Adressen dieser Funktionen stehen in einer Liste, der sogenannten Global-Vector-Table (GVT). Solche Listen sind typisch für die Programmiersprache BCPL, in der das DOS weitgehend geschrieben wurde.

Hier eine Liste der offiziellen DOS-Kommandos mit den Offsets, die bei der oben gezeigten Programmierung gültig sind:

Offset	Funktionsname
$FF	Open
$5D	Close
$FD	Read
$FA	Write
$41	Input
$42	Output
$F8	Seek
$F7	Delete
$F6	Rename
$F5	Lock
$6D	UnLock
$71	DupLock
$F4	Examine
$F3	ExNext
$F2	Info
$F1	CreateDir
$F0	CurrentDir
$EF	IoErr
$EE	CreateProc
$02	Exit
$ED	LoadSeg
$52	UnLoadSeg
$EC	GetPacket
$EB	QueuePacket
$EA	DeviceProc
$E9	SetComment
$E8	SetProtect
$E7	DateStamp
$2F	Delay
$57	WaitForChar
$23	ParentDir
$E6	IsInteractive
$E5	Execute

Dies sind, wie Sie an dem Programm-Beispiel sehen können, eigentlich keine Offsets, sondern die Nummern der zu verwendenden Vektoren der durch A2 angezeigten Tabelle. Dabei sind die Werte über $7F negative Werte, also wird eine Adresse unterhalb der Adresse in A2 verwendet.

Wie bereits erwähnt, existieren weit mehr Funktionen und Routinen, auf die ein Zeiger der GVT weist. Hier nun die Liste aller Einträge dieser Tabelle mit Vektornummer, Offset und Adresse der Funktion im Kickstart-1.2-ROM. Sie finden diese Tabelle vor und hinter der Adresse, die beim Aufruf in A2 steht.

Nr.	Offset	Adresse	Funktion
E5	FF94	FF7C70	AmigaDOS Execute()
E6	FF98	FF7C84	AmigaDOS IsInteractive()
E7	FF9C	FF7C90	AmigaDOS DateStamp()
E8	FFA0	FF7Fa4	AmigaDOS SetProtection()
E9	FFA4	FF7F6c	AmigaDOS SetComment()

EA	FFA8	FF5C50	AmigaDOS DeviceProc()
EB	FFAC	FF53B4	AmigaDOS QueuePacket()
EC	FFB0	FF5274	AmigaDOS GetPacket()
ED	FFB4	FF7168	AmigaDOS LoadSeg()
EE	FFB8	FF46BC	AmigaDOS CreateProc()
EF	FFBC	FF8388	AmigaDOS IoErr()
F0	FFC0	FF8378	AmigaDOS CurrentDir()
F1	FFC4	FF7FD8	AmigaDOS CreateDir()
F2	FFC8	FF7F50	AmigaDOS Info()
F3	FFCC	FF7F44	AmigaDOS ExNext()
F4	FFD0	FF7F38	AmigaDOS Examine()
F5	FFD4	FF7FF4	AmigaDOS Lock()
F6	FFD8	FF80E4	AmigaDOS Rename()
F7	FFDC	FF7FBC	AmigaDOS DeleteFile()
F8	FFE0	FF833C	AmigaDOS Seek()
F9	FFE4	000000	Keine Funktion
FA	FFE8	FF8308	AmigaDOS Write()
FB	FFEC	000000	Keine Funktion
FC	FFF0	000000	Keine Funktion
FD	FFF4	FF8244	AmigaDOS Read()
FE	FFF8	FF5298	Langworte über BPTR kopieren.
FF	FFFC	FF5C1C	AmigaDOS Open()
00	0000	000096	Global Vector Table-Größe.

Nr.	Offset	Adresse	Funktion
01	0004	FF9C20	Unbekannte Funktion
02	0008	FF4CDE	AmigaDOS Exit()
03	000C	FF4E10	Rechne: D1 = D1 * D2 (32 Bit)
04	0010	FF4E16	Rechne: D1 = D1 / D2 (32 Bit)
05	0014	FF4E1C	Rechne: D1 = Rest v. D1/D2 (32 Bit)
06	0018	FF4886	I/O-Request-Block füllen.
07	001C	000000	Keine Funktion
08	0020	FF4E7C	Unbekannte Funktion
09	0024	FF4E8A	Unbekannte Funktion
0A	0028	FF4AFC	Process.Result2-Feld holen/Update.
0B	002C	000000	Keine Funktion
0C	0030	312691	Keine Funktion
0D	0034	FF70C0	Global Vector Table erstellen.
0E	0038	FF4ADE	Zeiger auf Process.MsgPort holen.
0F	003C	FF4E4C	Byte aus (D1 * 4 + D2) holen.
10	0040	FF4E58	Byte i. D3 n. (D1 * 4 + D2) schreiben.
11	0044	FF4E98	Frame-Pointer (A1) holen.
12	0048	FF4E9E	Unbekannte Funktion
13	004C	FF490E	Allocate memory - Flags in D2.
14	0050	FF4E24	Unbekannte Funktion
15	0054	FF5950	DoIO()-Funktion ausführen.
16	0058	FF48A0	I/O-Request senden.
17	005C	FF4EA8	Unbekannte Funktion
18	0060	FF4F0C	Unbekannte Funktion
19	0064	FF4F4A	Unbekannte Funktion
1A	0068	FF4F86	Unbekannte Funktion
1B	006C	FF4F68	Unbekannte Funktion
1C	0070	FF48D6	Global Vector Table füllen.
1D	0074	FF490C	Allocate memory, Flag = MEMF_PUBLIC.
1E	0078	FF494A	Speicher freigeben.
1F	007C	FF4834	Device öffnen.

20	0080	FF48C0	Device schließen.
21	0084	FF4586	Prozeß erstellen.
22	0088	FF4832	Aktuellen Task beenden.
23	008C	FF7F5C	AmigaDOS ParentDir()
24	0090	FF4A1E	<Break>-Signale einem Task senden.
25	0094	FF4A42	<Break>-Signale auswerten, löschen.
26	0098	FF4BB4	Alert darstellen.
27	009C	FF4B60	BPTR auf Root-Node holen.
28	00A0	FF82CC	Vom CIS lesen.
29	00A4	FF49C8	Warte auf Message für diesen Task.
2A	00A8	FF4980	Packet an ein Device senden.
2B	00AC	FF8314	In COS schreiben.
2C	00B0	FF52C4	Langwort-Feld in BSTR umwandeln.
2D	00B4	FF52AC	BSTR in Langwort-Feld umwandeln.
2E	00B8	FF57FC	Programm ausladen + Task beenden.
2F	00BC	FF5888	AmigaDOS Delay()
30	00C0	FF58D8	Packet senden + auf Antwort warten.
31	00C4	FF598C	Auf Packet antworten.
32	00C8	FF51BE	Intuition Window öffnen.
33	00CC	FF4B04	Process.CurrentDir-Feld holen/Update.
34	00D0	FF5068	Requester darstellen.
35	00D4	FF6804	Padded BSTR auf COS ausgeben.
36	00D8	FF59B8	Zeichen vom CIS holen.
37	00DC	FF5A14	Zeichen vom CIS entfernen.
38	00E0	FF5A84	Zeichen auf COS ausgeben.
39	00E4	FF82E4	Unbekannte Funktion
3A	00E8	FF832C	Unbekannte Funktion
3B	00EC	FF5C30	Input-File öffnen.
3C	00F0	FF5C40	Output-File öffnen.
3D	00F4	FF4B18	Input-Handle setzen.
3E	00F8	FF4B20	Output-Handle setzen.
3F	00FC	FF650C	CIS schließen.
40	0100	FF6520	COS schließen.
41	0104	FF4B28	AmigaDOS-Input()
42	0108	FF4B30	AmigaDOS-Output()
43	010C	FF6580	Dezimalzahl vom CIS einlesen.
44	0110	FF6654	Linefeed auf COS ausgeben.
45	0114	FF6660	Dezimalzahl auf COS ausgeben (D0 unklar).
46	0118	FF6720	Dezimalzahl auf COS ausgeben.
47	011C	FF672C	Hexzahl auf COS ausgeben.
48	0120	FF67A0	Octalzahl auf COS ausgeben.
49	0124	FF67C8	BSTR auf COS ausgeben.
4A	0128	FF6890	Format-BSTR mit Param. auf COS.
4B	012C	FF6A30	Klein- in Großbuchst. umwandeln.
4C	0130	FF6A50	Zwei Zeichen vergleichen.
4D	0134	FF6A74	Zwei BSTRs vergleichen.
4E	0138	FF6B1C	Programm-Arg. mit Template lesen.
4F	013C	FF6E68	Ein Wort vom CIS einlesen.
50	0140	FF6FC8	Schlüsselwort testen.
51	0144	FF717C	Programm laden.
52	0148	FF7AF0	AmigaDOS UnLoadSeg()
53	014C	000000	Keine Funktion
54	0150	000000	Keine Funktion
55	0154	FF6114	Neues Dev. erstellen + in Device-List.
56	0158	FF7DA0	Unbekannte Funktion
57	015C	FF5A50	AmigaDOS WaitForChar()

58	0160	FF4A68	Exec-Library-Funktion aufrufen.
59	0164	FF4AE4	BPTR auf akt. SegList-Feld holen.
5A	0168	FF7FCC	File löschen.
5B	016C	FF8138	File umbenennen.
5C	0170	xxxxxx	Zeiger auf Intuition-Base.
5D	0174	FF6534	AmigaDOS Close()
5E	0178	FF4E62	Wort aus (D1 * 4 + D2 * 2) holen.
5F	017C	FF4E70	Wort D3 i. (D1 * 4 + D2 * 2) setzen.
60	0180	000000	Keine Funktion
61	0184	000000	Keine Funktion
62	0188	000000	Keine Funktion
63	018C	000000	Keine Funktion
64	0190	FF5980	Wait-for-Message-Funktion aufrufen.
65	0194	FF7BC8	Kommando-BSTR ausführen.
66	0198	FF5C60	Zeiger auf Device-MsgPort holen.
67	019C	FF4A8C	Library-Funktion aufrufen.
68	01A0	FF5328	AmigaDOS Fehlermeldung ausgeben.
69	01A4	FF4AEC	Z. auf Console-Handler-Task holen.
6A	01A8	FF4AF4	Zeiger auf Filesystem-Task holen.
6B	01AC	FF5E4C	BSTR (bis zu 30 Zeichen) kopieren.
6C	01B0	FF8018	Unbekannte Funktion
6D	01B4	FF8200	AmigaDOS UnLock()
6E	01B8	FF4AAC	Langwort aus (D1 * 4 + D2).
6F	01BC	FF4AB6	Langwort aus D3 nach (D1 * 4 + D2).
70	01C0	FF61E0	Device-Handler-Task starten.
71	01C4	FF834C	AmigaDOS DupLock()
72	01C8	FF5408	Message erstellen, Req. ausgeben.
73	01CC	FF5284	BSTR verschieben.
74	01D0	000000	Keine Funktion
75	01D4	000000	Keine Funktion
76	01D8	000000	Keine Funktion
77	01DC	000000	Keine Funktion
78	01E0	000000	Keine Funktion
79	01E4	FF4C66	Programm ausführen.
7A	01E8	000000	Keine Funktion
7B	01EC	FF800C	Unbekannte Funktion
7C	01F0	FF6080	Device in Device-List suchen.
7D	01F4	FF7FE8	Directory erstellen.
7E	01F8	FF4FA4	Unbekannte Funktion
7F	01FC	FF5824	Kommando an Timer senden.
80	0200	FF7DB0	Unbekannte Funktion
81	0204	000000	Keine Funktion
82	0208	000000	Keine Funktion
83	020C	000000	Keine Funktion
84	0210	000000	Keine Funktion
85	0214	FF860C	CLI-Initialisation.
86	0218	FF4B38	BPTR auf akt. CLI-Struktur holen.
87 bis 95	000000		Keine Funktion

Die Beschreibungen der einzelnen Funktionen ist zugegebenermaßen nicht besonders ausführlich. Dies würde nicht nur den Rahmen sprengen, sondern könnte verführen, die Funktionen umfassend zu nutzen. Dies ist allerdings nicht grundsätzlich empfehlenswert, da die Funk-

tionen nicht dokumentiert und somit nicht vor Änderungen sicher sind. Und schließlich soll Ihr Programm ja auch unter Kickstart 1.2 und 1.3 (und 1.4) laufen, oder?

Der Vollständigkeit halber seien hier daher nur einige Beispiele aufgezeigt, wie die nicht dokumentierten Funktionen der GVT zu verwenden sind. Nehmen wir uns dafür einige interessante Hilfsfunktionen heraus, deren Verwendung durchaus sinnvoll sein kann.

Betrachten wir hierfür einmal die Funktionsgruppe mit den Vektornummern $44-$49. Mit diesen Funktionen kann man leicht Wert- und Textausgaben auf das Standard-Ausgabe-Device (COS) erreichen. Dies entspricht, sofern keine Umlenkung im CLI-Befehl erfolgt ist (mit > oder <), dem CLI-Fenster.

Ein kleines Beispiel: Wenn Sie im CLI-Fenster einen Wert dezimal ausgeben wollen, so erreichen Sie dies z.B. mit folgenden Zeilen (das Macro wird vorausgesetzt):

```
;*** Dezimale Werteausgabe im COS ***

Pdez     =$46
Newline  =$44

run:
  doscall Newline              ;Leerzeile
  move.l  #12345,d1            ;Diesen Wert
  doscall Pdez                 ;dezimal ausgeben
  doscall Newline              ;und LF dazu

  clr.l   d1
  jsr     (a6)                 ;Ende
```

Übrigens: Wenn Sie anstelle der $46 die Nummer $68 angeben, so wird zusätzlich zum Dezimalwert noch der Text "Error code" ausgegeben.

Um diesen Wert sedezimal auszugeben (hex), müssen Sie die Vektornummer $47 verwenden und der Funktion zusätzlich die Anzahl der gewünschten Stellen in D2 mitgeben.

Etwas anders sieht es bei Textausaben aus. Mit der Funktion $49 können Sie einen BSTR ausgeben lassen. Diese Stringform enthält im ersten Byte die Anzahl der auszugebenden Zeichen. Die Adresse dieses Strings, der an einer durch 4 teilbaren Adresse liegen muß (!), wird in D1 übergeben und durch 4 geteilt. Dies sieht etwa folgendermaßen aus:

```
PrBSTR   =$49
Newline  =$44

run:
  doscall Newline
  move.l  #BSTR,d1        ;Adresse des Strings
  lsr.l   #2,d1           ;durch 4
  doscall PrBSTR          ;Text ausgeben

  clr.l   d1
  jsr     (a6)            ;Ende

BSTR:     dc.b   7,"Hallo!"
```

3.6 DOS-Handler

Wie bereits erwähnt, finden die meisten aller Ein-/Ausgabe-Operationen im Amiga über einen Handler statt, wie z.B. den Port-Handler beim Zugriff auf die serielle oder parallele Schnittstelle.

Neben diesem Port-Handler gibt es allerdings noch weitere Handler, wie z.B. den RAM-Handler. Auf der Workbench 1.3 gibt es aber außer diesen beiden Handlern noch weitere: Aux-, Speak-, Newcon- und Pipe-Handler. Alle diese Handler befinden sich auf der Workbench-Diskette im L-Verzeichnis.

3.6.1 Funktion der DOS-Handler

Die Handler haben folgende Aufgabenbereiche:

Port-Handler	PAR:, SER:, PRT:	
RAM-Handler	RAM:	RAM-Disk
Aux-Handler	AUX:	Ungepufferte serielle Schnittstelle
Speak-Handler	SPEAK:	Sprachausgabe
Newcon-Handler	NEWCON:	Editierbares CLI-Fenster
Pipe-Handler:	PIPE:	Datentransfer

Sie fragen sich jetzt sicher, welche Handler z.B. für das Device DF0: oder CON:w zuständig sind, da diese Devices in der Liste gar nicht aufgeführt sind. Ganz einfach: Neben den Handlern auf Diskette verwaltet der Amiga auch Handler im ROM. Dies ist ja auch ganz logisch, denn wie sollte z.B. der Boot-Vorgang vor sich gehen, wenn für

den Diskettenzugriff erst einmal ein Handler von Diskette geladen werden müßte?

Wie tritt man aber nun mit diesen Handlern in Kontakt? Nun, in unserem obigen Beispiel war das sehr einfach. Hier brauchte man ja nur anzugeben, wohin die Daten geschickt werden sollen. Versucht man dies aber z.B. mit dem Speak-Handler - z.B. mit "type text to SPEAK:" - so erscheint ein System-Requester, der von Ihnen verlangt, die Diskette mit dem Namen SPEAK: einzulegen. Natürlich wollen wir nicht, daß unser Text auf eine Diskette names SPEAK: kopiert wird, sondern daß er über das Narrator-Device ausgegeben wird.

Was ist also zu tun?

Zunächst einmal muß man wissen, daß außer den "logischen" Devices DFx:, SER:, PAR:, PRT:, RAW:, CON: und RAM: alle weiteren Devices in das System eingebunden werden müssen. Da dies mit dem Mount-Befehl durchgeführt wird, hat sich der Begriff "mounten" eingebürgert. Also werden wir im folgenden diesen neudeutschen Begriff verwenden.

Der Vorgang ist eigentlich recht einfach. Sie müssen nur "Mount SPEAK:" einzugeben, um das logische Device SPEAK: zu mounten. Bevor dies jedoch möglich ist, müssen noch einige andere Vorbereitungen getroffen werden. Sie müssen nämlich die MountList entsprechend vorbereiten, in der die für die einzelnen Devices nötigen Parameter eingestellt werden.

Für den Speak-Handler sieht der MountList-Eintrag so aus:

```
SPEAK:
  Handler   = L:Speak-Handler
  StackSize = 6000
  Priority  = 5
  GlobVec   = -1
#
```

Nach "mount SPEAK:" haben Sie also Zugriff auf den Speak-Handler. Für die anderen Devices gelten die nachstehenden MountList-Einträge:

```
NEWCON:
  Handler   = L:Newcon-Handler
  Priority  = 5
  StackSize = 1000
#
```

```
PIPE:
  Handler   = L:Pipe-Handler
  Priority  = 5
  StackSize = 6000
  GlobVec   = -1
#
AUX:
  Handler   = L:Aux-Handler
  Priority  = 5
  StackSize = 6000
  GlobVec   = -1
#
```

Jeder MountList-Eintrag muß mit einem Fis (#) abgeschlossen werden. Der Mount-Befehl, der die MountList nach dem zu mountenden Device durchsucht, erkennt an diesem Fis jeweils das Ende eines neuen Eintrages bzw. der Mountlist. Konnte das zu mountende Device nicht in der MountList gefunden werden, so gibt Mount den Fehler "Device xxx not recognized" aus. Wollen Sie ein logisches Device mehrmals mounten, so wird die Fehlermeldung "Device xxx already mounted" ausgegeben.

Doch was geschieht eigentlich beim Mounten? Um diese Frage zu klären, müssen wir uns ein wenig intensiver mit dem Betriebssystem des Amiga befassen.

Der Dreh- und Angelpunkt der Device-Handler ist die DOS-Library. Die dazugehörige C-Struktur hat folgenden Aufbau (mit Angabe der für Maschinenprogrammierung notwendigen Offsets):

```
Offset:  Struktur:

  struct DosLibrary
  {
 0  $00  struct Library dl_lib;
34  $22  APTR           dl_Root;    /* |--> */
38  $26  APTR           dl_GV;      /* DOS-Global-Vector */
42  $2a  LONG           dl_A2;
46  $2e  LONG           dl_A5;
50  $32  LONG           dl_A6;
54  $36  }
```

Von dieser Struktur gehen zwei Zeiger aus. Erstens der Zeiger "dl_Root", mit dem wir uns gleich weiter befassen werden. Der Zeiger "dl_GV" zeigt auf die Global-Vector-Table des DOS. Dort ist die interne DOS-Library abgespeichert, die den schnellen Zugriff auf die vom DOS bzw. den CLI-Befehlen benötigten Befehle gibt, ohne daß diese die DOS-Library eröffnen müßten.

Doch zurück zum Zeiger "dl_Root". Dieser Zeiger zeigt auf eine RootNode-Struktur:

```
Offset:  Struktur:

  struct RootNode
  {
 0  $00  BPTR             rn_TaskArray;       /* Maximal 20 Prozesse */
 4  $04  BPTR             rn_ConsoleSegment;
 8  $08  struct DateStamp rn_Time;
20  $14  LONG             rn_RestartSeg;
24  $18  BPTR             rn_Info;            /* |--> */
28  $1c  BPTR             rn_FileHandlerSegment;
32  $20  }
```

Von hier aus zeigt der Zeiger "rn_Info" auf eine für uns interessante DosInfo-Struktur. Die anderen Elemente der RootNode-Struktur sind dagegen für unsere Zwecke nicht so interessant.

Hier die DosInfo-Struktur, die einen Zeiger auf eine DeviceNode-Struktur enthält:

```
Offset:  Struktur:

  struct DosInfo
  {
 0  $00  BPTR  di_McName;
 4  $04  BPTR  di_DevInfo;      /* Zeigt auf DeviceNode-Structur */
 8  $08  BPTR  di_Devices;
12  $0c  BPTR  di_Handlers;
16  $10  APTR  di_NetHand;
20  $14  }

Offset:  Struktur:

  struct DeviceNode
  {
 0  $00  BPTR           dn_Next;
 4  $04  ULONG          dn_Type;
 8  $08  struct MsgPort *dn_Task;
22  $16  BPTR           dn_Lock;          /* Directory */
26  $1a  BSTR           dn_Handler;
30  $1e  ULONG          dn_StackSize;
34  $22  LONG           dn_Priority;
38  $26  BPTR           dn_Startup;
42  $2a  BPTR           dn_SegList;
46  $2e  BPTR           dn_GlobalVec;
50  $32  BPTR           dn_Name;
54  $36  }
```

Diese Struktur enthält endlich die für die Handler benötigten Informationen. Allerdings werden mit Hilfe der DeviceNode-Struktur nicht nur Devices aufgelistet. Auch Directories und Volumes finden hier

Platz, wobei zu erwähnen ist, daß Volumes über eine abgewandelte Struktur der DeviceNode-Struktur verfügen (DeviceList-Struktur).

Doch reicht für die Verwaltung der Handler obige Struktur vollkommen aus. Folgendes Programm macht sich die oben aufgelisteten Strukturen zunutze, um alle dem System bekannten Devices inklusive deren Handler und inklusive der Environment-Variablen auszugeben:

```
#include  "exec/types.h"
#include  "libraries/dos.h"
#include  "libraries/dosextens.h"
#include  "libraries/filehandler.h"

#define  CR           printf ("\n")          /* Carriage Return*/
#define  EnvecSize   (DosEnvec->de_TableSize)

extern struct DosLibrary *DOSBase;

struct  DeviceList *DeviceList;
struct  DeviceNode *DeviceNode;

struct  RootNode *RootNode;
struct  DosInfo  *DosInfo;

struct  FileSysStartupMsg *FSSM;

struct  DosEnvec
{
  ULONG de_TableSize;          /* Größe des Environment-Vektors */
  ULONG de_SizeBlock;          /* Blockgröße (in Langworten) (128) */
  ULONG de_SecOrg;             /* Unbenutzt; == 0 */
  ULONG de_Surfaces;           /* Anzahl der Schreib/Leseköpfe (2) */
  ULONG de_SectorPerBlock;     /* Unbenutzt; == 1 */
  ULONG de_BlocksPerTrack;     /* Blocks pro Track */
  ULONG de_Reserved;           /* Reservierte Blocks am Anfang  */
                               /* einer Partition (BootBlocks)  */
  ULONG de_PreAlloc;           /* Reservierte Blocks am Ende */
                               /* einer Partition           */
  ULONG de_Interleave;         /* Gewöhnlich 0 */
  ULONG de_LowCyl;             /* Start-Cylinder (0) */
  ULONG de_HighCyl;            /* End-Cylinder (79) */
  ULONG de_NumBuffers;         /* Anzahl Buffer (SizeBlock*4 Bytes)*/
  ULONG de_BufMemType;         /* Speichertyp für Buffers */
  ULONG de_MaxTransfer;        /* Maximale Anz. Blöcke, die pro  */
                               /* Zeiteinheit gelesen werden können */
  ULONG de_Mask;               /* Adreß-Maske um bestimmten */
                               /* Speicher auszugrenzen */
  LONG  de_BootPri;            /* Boot-Priorität für Auto-Boot */
  ULONG de_DosType;            /* ASCII(HEX)String f.        */
                               /* File-System-Typ  */
                               /* 0X444F5300 == Altes File-System   */
                               /* 0X444F5301 == Fast-Filing-System */
};
```

```
struct DosEnvec *DosEnvec;
/*****************************************************************/
/*                      printbstr()                              */
/*                                                               */
/* Funktion: BCPL-String ausgeben                                */
/*---------------------------------------------------------------*/
/* Eingabe-Parameter:                                            */
/*                                                               */
/* String:   Auszugebender BCPL-String                           */
/*****************************************************************/

printbstr (String)
BSTR     String;
{
  UWORD  i;
  BYTE   Buffer[80];
  UBYTE *Help;

  Help = (UBYTE *) BADDR (String);

  for (i=0;i<(*Help);i++)
   Buffer[i] = *(Help+i+1);

  Buffer[i] = 0;

  printf (Buffer);
}

/*****************************************************************/
/*                         main()                                */
/*                                                               */
/*****************************************************************/

main()
{
  RootNode   = (struct RootNode   *) DOSBase->dl_Root;
  DosInfo    = (struct DosInfo    *) BADDR(RootNode->rn_Info);
  DeviceNode = (struct DeviceNode *) BADDR(DosInfo->di_DevInfo);

  do
  {
    if (DeviceNode->dn_Type == (ULONG)DLT_DEVICE)
    {
       printf ("Device: ");
       printbstr (DeviceNode->dn_Name);
       printf (":");
       CR;
     printf ("-----------------------------------------------------");
     CR;

     printf ("Task: 0x%08lx   Stack: %08ld",
              DeviceNode->dn_Task,
              DeviceNode->dn_StackSize);
     CR;
     printf ("Pri: 0x%08lx   GlobVec: 0x%08lx",
             DeviceNode->dn_Priority,
```

```
            BADDR(DeviceNode->dn_GlobalVec));
    CR;

    printf ("Handler: ");
    printbstr (DeviceNode->dn_Handler);
    CR;

    if (DeviceNode->dn_Startup > 2l)
    {
      FSSM = (struct FileSysStartupMsg *)
             BADDR (DeviceNode->dn_Startup);
      printf ("Unit:    0x%08lx       ",FSSM->fssm_Unit);
      printf ("Device:  ");
      printbstr (FSSM->fssm_Device);
      CR;

      printf ("Flags:   0x%08lx",FSSM->fssm_Flags);
      CR;

      if (FSSM->fssm_Environ != 0l)
      {
        CR;
        DosEnvec = (struct DosEnvec *) BADDR (FSSM->fssm_Environ);
        printf ("EnvecSize: %08ld\n",EnvecSize);
        if (EnvecSize >  0)
          printf ("SizeBlock: %08ld ",DosEnvec->de_SizeBlock);
        if (EnvecSize >  1)
          printf ("SecOrg: %08ld\n",DosEnvec->de_SecOrg);
        if (EnvecSize >  2)
              printf ("Surfaces: %08ld ",DosEnvec->de_Surfaces);
        if (EnvecSize >  3)
          printf ("SectorPerBlock: %08ld\n",DosEnvec
                                    ->de_SectorPerBlock);
        if (EnvecSize >  4)
          printf ("BlocksPerTrack: %08ld ",
                                    DosEnvec->de_BlocksPerTrack);
        if (EnvecSize >  5)
          printf ("Reserved: %08ld\n",DosEnvec->de_Reserved);
        if (EnvecSize >  6)
          printf ("PreAlloc: %08ld ",DosEnvec->de_PreAlloc);
        if (EnvecSize >  7)
          printf ("Interleave: %08ld\n",DosEnvec->de_Interleave);
        if (EnvecSize >  8)
          printf ("LowCyl: %08ld ",DosEnvec->de_LowCyl);
        if (EnvecSize >  9)
          printf ("HighCyl: %08ld\n",DosEnvec->de_HighCyl);
        if (EnvecSize > 10)
          printf ("NumBuffers: %08ld ",DosEnvec->de_NumBuffers);
        if (EnvecSize > 11)
          printf ("BufMemType: %08ld\n",DosEnvec->de_BufMemType);
        if (EnvecSize > 12)
          printf ("MaxTransfer: 0x%08lx ",
                                  DosEnvec->de_MaxTransfer);
        if (EnvecSize > 13)
          printf ("Mask: 0x%08lx\n",DosEnvec->de_Mask);
        if (EnvecSize > 14)
          printf ("BootPri: %08ld ",DosEnvec->de_BootPri);
        if (EnvecSize > 15)
```

```
                printf ("DosType: 0x%08lx\n",DosEnvec->de_DosType);
            }
            else printf ("No Environment Vector\n");
        }
        CR;
      }
     DeviceNode = (struct DeviceNode *) BADDR (DeviceNode->dn_Next);
    }
    while (DeviceNode != 0l);
}
```

Als Ergebnis liefert dieses Programm eine Ausgabe etwa folgender Form:

```
 Device: DF1:

Task:    0x0000bccc        Stack:     00000000
Pri:     0x00000000        GlobVec: 0x00000000
Handler:
Unit:    0x00000001        Device:  trackdisk.device
Flags:   0x00000000

EnvecSize:         00000012
SizeBlock:         00000128      SecOrg:            00000000
Surfaces:          00000002      SectorPerBlock:    00000001
BlocksPerTrack:    00000011      Reserved:          00000002
PreAlloc:          00000011      Interleave:        00000000
LowCyl:            00000000      HighCyl:           00000079
NumBuffers:        00000005      BufMemType:        00000003

Device: PRT:
---------------------------------------------------------
Task:    0x00000000      Stack:     00001000
Pri:     0x00000000      GlobVec: 0x0000a620
Handler: L:PORT-HANDLER

Device: PAR:
---------------------------------------------------------
Task:    0x00000000      Stack:     00000800
Pri:     0x00000000      GlobVec: 0x0000a620
Handler: L:PORT-HANDLER

Device: SER:
---------------------------------------------------------
Task:    0x00000000      Stack:     00000800
Pri:     0x00000000      GlobVec: 0x0000a620
Handler: L:PORT-HANDLER

Device: RAW:
---------------------------------------------------------
Task:    0x00000000      Stack:     00000700
Pri:     0x00000005      GlobVec: 0x0000a620
Handler:
```

```
Device: CON:
------------------------------------------------------------
Task:     0x00000000   Stack:     00000700
Pri:      0x00000005   GlobVec: 0x0000a620
Handler:

Device: RAM:
------------------------------------------------------------
Task:     0x0001dcb4   Stack:     00000000
Pri:      0x00000000   GlobVec: 0x00000000
Handler:

Device: DF0:
------------------------------------------------------------
Task:     0x00000edc   Stack:     00000600
Pri:      0x0000000a   GlobVec: 0x00000000
Handler:
Unit:     0x00000000   Device:  trackdisk.device
Flags:    0x00000000

EnvecSize:        00000012
SizeBlock:        00000128    SecOrg:          00000000
Surfaces:         00000002    SectorPerBlock:  00000001
BlocksPerTrack:   00000011    Reserved:        00000002
PreAlloc:         00000000    Interleave:      00000000
LowCyl:           00000000    HighCyl:         00000079
NumBuffers:       00000005    BufMemType:      00000002
```

Sie sehen, daß bei manchen Devices die Angabe des Handlers fehlt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Handler speicherresident sind, also fest im Betriebssystem verankert sind.

Doch neben den Handler-Namen finden Sie noch eine Menge weiterer Informationen. So z.B. die Environment-Vektoren (struct DosEnvec). Diese Vektoren enthalten Informationen über "File-gestützte" Devices.

Diese Struktur ist in den Include-Files nirgends zu finden. Im Include-File "libraries/filehandlers.h" wird auf diesen Environment-Vektor zwar hingewiesen, aber man hat hierfür keine eigene Struktur angegeben. Es existieren nur einige Defines, die angeben, in welchem Langwort des Environment-Vektors welche Information zu finden ist. Synonym zum Environment-Vektor ist also:

```
ULONG DosEnvec[]; ...

EnvecSize = DosEnvec[DE_TABLESIZE];
```

Diese Defines reichen aber nur von 0 bis 12:

```
#define DE_TABLESIZE        0
#define DE_SIZEBLOCK        1
#define DE_SECORG           2
```

```
#define DE_NUMHEADS          3
#define DE_SECSPERBLK        4
#define DE_BLKSPERTRACK      5
#define DE_RESERVEDBLKS      6
#define DE_PREFAC            7
#define DE_INTERLEAVE        8
#define DE_LOWCYL            9
#define DE_UPPERCYL         10
#define DE_NUMBUFFERS       11
#define DE_MEMBUFTYPE       12
```

Angaben wie z.B. der DOS-Typ der Diskette ("DOS\0" für normales Filing-System, "DOS\1" für Fast-Filing-System) ist hier (auch in den Includes für Kick V1.3) noch nicht enthalten!

Deshalb sollten Sie bei Verwendung des Environment-Vektors unsere Struktur-Definition benutzen.

Doch welche Verbindung besteht zwischen Environment-Vektor und DOS-Library? Damit der Environment-Vektor nicht "in der Luft schwebt", zeigt "DeviceNode->dn_Startup" auf eine FileSysStartupMsg, die mit ihrem fssm_Environ-Zeiger auf den Environment-Vektor zeigt:

```
        struct DosLibrary
        {
0  $00    struct Library dl_Lib;
34 $22    APTR           dl_Root;
38 $26    APTR           dl_GV; /* Global Vector */
42 $2a    LONG           dl_A2; /* Dos Copy of A2 */
46 $2e    LONG           dl_A5; /* Copy of A5 */
50 $32    LONG           dl_A6;
54 $36  }
        struct RootNode ◄
        {
0  $00    BPTR                  rn_TaskArray; /* max. 20 Tasks */
4  $04    BPTR                  rn_ConsoleSegment;
8  $08    struct DateStamp      rn_Time;
20 $14    LONG                  rn_RestartSeg;
24 $18    BPTR                  rn_Info;
28 $1c    BPTR                  rn_FileHandlerSegment;
32 $20  }

        struct DosInfo ◄
        {
0  $00    BPTR  di_McName;
4  $04    BPTR  di_DevInfo;
8  $08    BPTR  di_Devices;
12 $0c    BPTR  di_Handlers
16 $10    APTR  di_NetHand;
20 $14  }
        struct DeviceNode ◄                ► struct DeviceList
        {                                    {
0  $00    BSTR dn_Next;            0  $00    BPTR               dl_Next;  ►
4  $04    LONG dn_Type;            4  $04    LONG               dl_Type;
8  $08    APTR dn_Task;            8  $08    struct MsgPort     *dl_Task;
12 $0c    BPTR dn_Lock;            12 $0c    BPTR               dl_Lock;
16 $10    BSTR dn_Handler;         16 $10    struct DateStamp   dl_VolumeData;
20 $14    LONG StackSize;          28 $1c    BPTR               dl_LockList;
24 $18    LONG dn_Priority;        32 $20    LONG               dl_DiskType;
28 $2c    LONG dn_Startup;         36 $34    LONG               dl_unused;
32 $20    BPTR dn_SegList;         40 $28    BSTR               *dl_Name;
36 $24    BPTR dn_GlobVec;         44 $2c  }
40 $28    BSTR dn_Name;
        }
```

Abb. 3.6.1

Die FileSysStartup-Struktur enthält auch noch einige Informationen für den Handler. Diese beziehen sich auf das Device, das der Handler verwenden soll. Die Handler für die Diskettenlaufwerke greifen z.B. intensiv auf das Trackdisk-Device zurück. Dies kommt in "FileSys-Startup" durch den BCPL-String "fssm_Device" zum Ausdruck. Die beiden Parameter "Unit" und "Flag", die vom OpenDevice()-Befehl verlangt werden, sind in "fssm_Unit" und "fssm_Flags" enthalten.

Nachdem Sie nun ein genaues Bild davon haben, wie das DOS herausfindet, welches logische Device mit welchem Handler betrieben wird, wollen wir uns noch einmal dem Mount-Befehl widmen. Der Befehl verwendet - wie Sie wissen - die MountList im devs-Verzeichnis. Hier finden Sie z.B. Zeilen wie "GlobVec = -1" oder "StackSize = 2000".

Kommen Ihnen diese Ausdrücke nicht irgendwie bekannt vor? Na klar, werden Sie jetzt sicher sagen. GlobVec, StackSize, Device, Handler etc. kommen doch alle als Variablen in der einen oder anderen der oben erklärten Strukturen vor.

Welches Mount-Schlüsselwort in welcher Struktur wiederzufinden ist, können Sie folgenden Tabellen entnehmen:

DeviceNode	**FileSysStartup**	**DosEnvec**
Handler	**Device**	**Surfaces**
FileSystem	**Unit**	**BlocksPerTrack**
Priority	**Flags**	**Reserved Stack**
Startup	**PreAlloc**	
GlobVec		**Interleave**
BootPri		**LowCyl**
	HighCyl	
	Buffers	
	BufMemType:	
	(0,1 = FAST | CHIP)	
	(2,3 = CHIP)	
	(4,5 = FAST)	
	MaxTransfer	
	Mask	
	DosType	

Das einzige Schlüsselwort, das sich nicht in einer der oberen Sparten einreihen läßt, ist das Schlüsselwort "Mount". Dieses Schlüsselwort hat auch weniger mit den Devices zu tun als vielmehr mit der Ausführung des Mount-Befehls. Ist nämlich "Mount = 1", so steht das logische Device direkt nach dem Mount-Befehl zur Verfügung. Ohne "Mount = 1" muß man es erst einmal ansprechen, z.B. durch "dir logisches_Device:", damit es wirklich eingebunden wird.

Doch wollen wir neben dem Mount-Schlüsselwort noch einige andere Schlüsselwörter betrachten:

Beginnen wir mit dem Schlüsselwort "GlobVec". Wie Sie wissen, verwaltet das AmigaDOS eine interne Library, die z.B. den CLI-Kommandos ohne große Umschweife Zugriff zu den wichtigsten DOS- und EXECBase-Befehlen verschafft. Geben Sie für GlobVec den Wert -1 an, so verzichtet Ihr Handler auf diese interne Library. Dies ist besonders dann angebracht, wenn Sie Ihre Handler in C schreiben. Bei

GlobVec = 0 wird der DosBase->dl_GV-Zeiger auf den DOS-Base-GlobalVector verwendet.

Interessant ist auch das Schlüsselwort "BootPri". Mit diesem Schlüsselwort legen Sie die Priorität eines FileSystems für den Boot-Vorgang fest. Schließlich ist der Amiga ab Kickstart V1.3 in der Lage, von jedem beliebigen FileSystem (DF0:, DF1:, HD:, RAM:) zu booten. Mit BootPri legen Sie die Reihenfolge der zu untersuchenden FileSysteme fest (-127 bis 128).

In Verbindung mit FileSystemen muß man auch das Fast-Filing-System nennen. Dieses Fast-Filing-System beschleunigt die Zugriffzeiten auf Files und Directories erheblich. Doch was hat das Fast-Filing-System (FFS) mit dem Environment-Vektor zu tun?

Um fremde Disketten von Amiga-Disketten zu unterscheiden, wird in den Boot-Block die Kennung "DOS\0" hineingeschrieben. Beim Fast-File-System steht hier aber "DOS\1". Dieser Unterschied wird durch "DosType" festgelegt. Wenn Sie sich den Environment-Vektor noch einmal ansehen, werden Sie feststellen, daß die Kennungen "0x444F5300" und "0x444f5301" die ASCII-Codes von "DOS\0" bzw. "DOS\1" sind.

Die anderen Schlüsselwörter ergeben sich aus der Übersetzung ins deutsche und den Kommentaren beim Environment-Vektor.

3.6.2 Aufbau und Programmierung eines Handlers

Nachdem Sie nun wissen, wie ein Device gemountet wird und wie man ihm über die MountList Informationen zukommen lassen kann, wollen wir uns mit der Programmierung eines Handlers beschäfigen.

Für die Programmierung eines Handlers muß man wissen, daß die DosPackets eine wichtige Rolle im Datentransfer AmigaDOS <-> Handler spielen.

Das DOS sendet, nachdem der Handler geladen und gestartet wurde, ein Packet an den Handler. Dieses Startup-Packet muß vom Handler bearbeitet und ans DOS zurückgeschickt werden. Dieser Mechanismus von Hin und Zurück dient DOS und Handler gleichermaßen zur wechselseitigen Synchronisation. Erst wenn das DOS sein vorher abgeschicktes Packet zurückerhält, wird ein neues gesendet. Genauso

verhält es sich auf Handler-Seite. Erst wenn das empfangene Packet zurückgesendet wurde, ist der Handler bereit, ein neues Packet zu empfangen.

Für das Empfangen und Senden wird sehr stark auf den Exec-Message-Mechanismus zurückgegriffen. Bevor wir diesen Mechanismus aber beschreiben, wollen wir einen Handler abdrucken, damit Sie sich ein Bild von diesem Mechanismus machen können. Dieses Programm ist in Assembler geschrieben, da sich so die Verwendung der diversen Tabellen leicht zeigen läßt. Für den C-Programmierer haben wir jeweils die entsprechende C-Anweisung danebengesetzt.

```
***********************
*  DOS-Handler DEMO  *
*                     *
*    Bruno Jennrich   *
***********************

;EXEC
ExecBase:       =4
FindTask:       = -294          ; A0
Wait:           = -318          ; D0
SetSignal:      = -306          ; D0,D1
GetMsg:         = -372          ; A0
PutMsg:         = -366          ; A0,A1
OpenLibrary:    = -552          ; A1,D0
CloseLibrary:   = -414          ; A1
Forbid:         = -132          ; --

;INTUITION
OpenScreen:     = -198          ; A0
CloseScreen:    = -66           ; A0

;GAPHICS
Move:           = -240          ; A1,D0,D1
Draw:           = -246          ; A1,D0,D1
Text:           = -60           ; A1,A0,D0
SetRGB4:        = -288          ; A0,D0,D1,D2,D3
SetAPen:        = -342          ; A1,D0
RectFill:       = -306          ; A1,D0,D1,D2,D3

;DOS
DosSignal:      = 256
UnloadSeg:      = -156          ; D1

******************** - DOS-Handler - ************************

DOSHandler:
  jsr    TaskWait               ;Warte auf Packet
  move.l d0,OurPacket           ;Packet vom DOS

  move.l OurPacket,a0
  move.l 20(a0),d0              ;OpenString =
  asl.l  #2,d0
```

```
  move.l d0,OpenString              ;Packet->dp_Arg1 << 2
  move.l OurPacket,a0
  move.l 28(a0),d0                  ;Node =
  asl.l  #2,d0
  move.l d0,node                    ;Packet->dp_Arg3 << 2

  move.l ExecBase,a6
  lea    DosName,a1                 ;DosBase =
  move.l #0,d0
  jsr    OpenLibrary(a6)            ;OpenLibrary (DosName,0)
  move.l d0,DosBase
  jsr    Init
  tst.l  d0
  bne    ReturnPacketError

  jsr    HandleStartupPacket

  jsr    ReturnPacketOK

MainLoop:
  jsr    TaskWait                   ;Warte auf Packet
  move.l d0,OurPacket               ;OurPacket = Taskwait()

  jsr    HandlePacket               ;PacketTyp ermitteln
                                    ;und ausgeben

  move.l OurPacket,a0
  move.l 8(a0),d2                   ;Packet-Typ-Routine
  jmp    ActType                    ;ausführen

Back:
  jsr    blip
  jsr    MouseKlick                 ;Mausklick abwarten
  jmp    MainLoop

node:    ds.l 1

OurPacket:  ds.l 1

********************* - Taskwait - *************************

TaskWait:
  move.l ExecBase,a6
  move.l #0,a1
  jsr    FindTask(a6)               ;TWProcess = FindTask (NULL)

  move.l d0,TWProcess
  add.l  #92,d0
  move.l d0,TWPort                  ;TWPort = TWProcess->pr_MsgPort
  move.l ExecBase,a6
  move.l #0,d0
  move.l #DosSignal,D1              ;SetSignal (0,256)
  jsr    SetSignal(a6)

  move.l ExecBase,a6
  move.l #DosSignal,d0              ;Wait(256)
  jsr    Wait(a6)
  move.l ExecBase,a6
```

```
   move.l TWPort,a0
   jsr    GetMsg(a6)                ;Message = GetMsg(TWPort)
   move.l d0,a0
   move.l 10(a0),d0                 ;return
   rts                              ;(Message->mn_Node.ln_Name)

TWProcess:  ds.l 1
TWPort:     ds.l 1

********************* - ReturnPacketOK - ********************

ReturnPacketOK:
   move.l OurPacket,a0
   move.l a0,d0                     ;Packet->Res1 = -1
   move.l #-1,d1
   move.l 16(a0),d2                 ;Packet->Res2 =
   jmp    ReturnPacket              ;Packet->Res2

********************* - ReturnPacketError - *****************

ReturnPacketError:
   move.l OurPacket,a0
   move.l a0,d0
   move.l #0,d1                     ;Packet->Res1 = 0
   move.l #202,d2                   ;Packet->Res2 =
                                    ;ERROR_OBJECT_IN_USE

******************** - ReturnPacket (Universal) - **********
 ReturnPacket:
   move.l d0,RTPacket               ;Packet sichern
   move.l d0,a0
   move.l d1,12(a0)                 ;Packet->Res1 = d1
   move.l d2,16(a0)                 ;Packet->Res2 = d2

   move.l (a0),RTMessage            ;Message = Packet->dp_Link
   move.l 4(a0),RTPort              ;Port = Packet->dp_port

   move.l ExecBase,a6
   move.l #0,a0                     ;RTProcess = FindTask (0)
   jsr    FindTask(a6)
   move.l d0,RTProcess

   add.l  #92,d0
   move.l RTPacket,a0               ;Packet->dp_port = &Process->
   move.l d0,4(a0)                  ;           pr_MsgPort
   move.l RTMessage,a0
   move.l RTPacket,10(a0)           ;Message->mn_Node.ln_Name =
                                    ;     Packet

   clr.l  (a0)                      ;Message->mn_Node.ln_Succ =
   clr.l  4(a0)                     ;Message->mn_Node.ln_Pred =
                                    ;NULL

   move.l ExecBase,a6
   move.l RTPort,a0
   move.l RTMessage,a1              ;PutMsg (RTPort,RTMessage)
   jmp    PutMsg(a6)
RTPort:  ds.l 1
```

```
RTMessage: ds.l 1
RTProcess: ds.l 1
RTPacket:   ds.l 1

********************* - HandleStartupPacket - ***************

HandleStartupPacket:

  move.l GfxBase,a6
  move.l RastPort,a1                  ;SetAPen (RastPort,3)
  move.l #3,d0
  jsr    SetAPen(a6)

  move.l GfxBase,a6
  move.l #55,d0                       ;Move (RastPort,10,20)
  move.l #40,d1
  move.l RastPort,a1
  jsr    Move(a6)

  move.l GfxBase,a6
  move.l RastPort,a1                  ;Text (RastPort,HandyText,
  lea    HandyText,a0                 ; HandyLen)
  move.l HandyLen,d0
  jsr    Text(a6)

  move.l GfxBase,a6
  move.l RastPort,a1                  ;SetAPen (RastPort,2)
  move.l #2,d0
  jsr    SetAPen(a6)

  move.l GfxBase,a6
  move.l OpenString,a0                ;Text (RastPort,OpenString+1,
  move.l RastPort,a1                  ; *OpenString)
  move.b (a0),d0
  add.w  #1,a0
  jmp    Text(a6)

HandyText:  dc.b "Name of our DEVICE: "
HandyLen:  dc.l 20

********************** - HandlePacket -**********************

HandlePacket:
  move.l OurPacket,d0

  move.l GfxBase,a6
  move.l RastPort,a1
  move.l #2,d0                        ;SetAPen(RastPort,2)
  jsr    SetAPen(a6)

  move.l OurPacket,a0
  move.l 8(a0),d2                     ;Packet->dp_Type
  move.l #25,d0
  move.l #100,d1                      ;Packet-Typ Ausgeben
  jmp    PrintType
```

```
********************* - ActType - ****************************

ActType:
  lea     ACTION_TYPES,a1
  move.l  #34,d0                        ;32 Einträge

  lea     ACTION_ACTS,a0
loopac:
  add.l   #4,a0
  move.l  (a1)+,d1
  cmp.l   d2,d1                         ;Adresse der jeweiligen
  beq     DO_ACT                        ;Routine ermitteln
  dbra    d0,loopac
  rts

DO_ACT:
  move.l  (a0),a0
  jmp     (a0)

********************* - Quit - ********************************

QuitReturn:
  jsr     ReturnPacketOK

Quit:
  move.l  IntuitionBase,a6
  move.l  Screen,a0                     ;CloseScreen(Screen)
  jsr     CloseScreen(a6)
  move.l  ExecBase,a6
  move.l  DosBase,a1
  jsr     CloseLibrary(a6)              ;CloseLibrary (DosBase)
  move.l  ExecBase,a6
  move.l  GfxBase,a1                    ;CLoseLibrary (GfxBase)
  jsr     CloseLibrary(a6)

  move.l  ExecBase,a6
  move.l  IntuitionBase,a1              ;CloseLibrary (IntuitionBase)
  jsr     CloseLibrary(a6)

  jsr     ReturnPacketOK

  move.l  ExecBase,a6
  jsr     Forbid(a6)                    ;Forbid()
  move.l  DosBase,a6
  move.l  node,a0
  move.l  32(a0),d1
  jsr     UnloadSeg(a6)                 ;UnloadSeg (node->SegList)

  move.l  node,a0                       ;node->SegList = 0
  clr.l   32(a0)
  rts                                   ;Back to DOS

********************* - Clear - *******************************

Clear:
  movem.l d3/a0,-(sp)
  move.l  GfxBase,a6
  move.l  RastPort,a1
```

```
  move.l  #0,d0                    ;SetAPen (RastPort,0)
  jsr     SetAPen(a6)

  move.l  GfxBase,a6
  move.l  RastPort,a1
  move.l  #0,d0                    ;RectFill (RastPort,0,106,
  move.l  #106,d1                  ; (319,255)
  move.l  #319,d2
  move.l  #255,d3
  jsr     RectFill(a6)

  move.l  GfxBase,a6
  move.l  RastPort,a1
  move.l  #3,d0                    ;SetAPen (RastPort,3)
  jsr     SetAPen(a6)
  movem.l (sp)+,d3/a0
  rts

********************* - Write - ******************************

Write:
  jsr     Clear                    ;Ausgabebereich löschen

  move.l  OurPacket,a1
  move.l  24(a1),a0
  move.l  28(a1),d3
  sub.l   #1,d3

  move.l  #1,x
  move.l  #115,y

WriteLoop:
  movem.l d3/a0,-(sp)              ;a0 =>> Auszugebender String
                                   ;d3 = strlen ((a0))
  move.l  GfxBase,a6
  move.l  RastPort,a1
  move.l  x,d0                     ;Move(RastPort,x,y)
  move.l  y,d1
  jsr     Move(a6)

  movem.l (sp)+,d3/a0
  movem.l d3/a0,-(sp)

  move.b  (a0),d0
  cmp.b   #10,d0                   ;LineFeed?
  bne     WriteMore

  movem.l (sp)+,d3/a0
  add.l   #1,a0

  jmp     AddY                     ;Nächste Zeile

WriteMore:
  move.l  GfxBase,a6
  move.l  RastPort,a1
  move.l  #1,d0                    ;Text(RastPort,(a0),1)
  jsr     Text(a6)
```

```
  movem.l (sp)+,d3/a0
  add.l   #1,a0

  add.l   #9,x
  move.l  x,d0                     ;x += 9
  cmp     #320-10,d0
  ble     OK

AddY:
  move.l  #1,x
  add.l   #10,y                    ;y += 10
  move.l  y,d0
  cmp.l   #256-10,d0
  ble     OK
                                   ;Ende des Ausgabebereichs
                                   ;erreicht
  movem.l d3/a0,-(sp)

  move.l  GfxBase,a6               ;SetAPen(RastPort,1)
  move.l  RastPort,a1
  move.l  #1,d0
  jsr     SetAPen(a6)

  move.l  GfxBase,a6
  move.l  RastPort,a1
  move.l  #160-32,d0               ;Move (RastPort,160-32,80)
  move.l  #80,d1
  jsr     Move(a6)

  move.l  GfxBase,a6
  move.l  RastPort,a1
  lea     MoreText,a0              ;Text (RastPort,MoreText,8)
  move.l  #8,d0
  jsr     Text(a6)
  jsr     MouseKlick

  move.l  GfxBase,a6
  move.l  RastPort,a1
  move.l  #160-32,d0               ;Move(RastPort,160-32,80)
  move.l  #80,d1
  jsr     Move(a6)

  move.l  GfxBase,a6
  move.l  RastPort,a1              ;Text(RastPort,MoveClear,8)
  lea     MoreClear,a0
  move.l  #8,d0
  jsr     Text(a6)

  movem.l (sp)+,d3/a0

  jsr     Clear                    ;Ausgabebereich löschen

  move.l  #1,x
  move.l  #115,y                   ;Links, oben weitermachen

OK:
  dbra    d3,WriteLoop             ;Alle Zeichen ausgegeben?
```

```
  jmp     ReturnPacketOK

MoreText:    dc.b "< MORE >"
MoreClear:   dc.b "        "
  even

**********************************************************

;Packet-Types-Definitionen

ACTION_TYPES:  dc.l $0          ;NIL
  dc.l $2           ;GET_BLOCK
  dc.l $4           ;SET_MAP
  dc.l $5           ;DIE
  dc.l $6           ;EVENT
  dc.l $7           ;CURRENT_VOLUME
  dc.l $8           ;LOCATE_OBJECT
  dc.l $9           ;RENAME_DISK
  dc.l $57          ;WRITE
  dc.l $52          ;READ
  dc.l 1002         ;RETURN_WRITE
  dc.l 1001         ;RETURN_READ
  dc.l 15           ;FREE_LOCK
  dc.l 16           ;DELETE_OBJECT
  dc.l 17           ;RENAME_OBJECT
  dc.l 19           ;COPY_DIR
  dc.l 20           ;WAIT_CHAR
  dc.l 21           ;SET_PROTECT
  dc.l 22           ;CREATE_DIR
  dc.l 23           ;EXAMINE_OBJECT
  dc.l 24           ;EXAMINE_NEXT
  dc.l 25           ;DISK_INFO
  dc.l 26           ;INFO
  dc.l 28           ;SET_COMMENT
  dc.l 29           ;PARENT
  dc.l 30           ;TIMER
  dc.l 31           ;INHIBIT
  dc.l 32           ;DISK_TYPE
  dc.l 33           ;DISK_CHANGE
  dc.l 1005         ;FIND_INPUT
  dc.l 1006         ;FIND_OUTPUT
  dc.l 1008         ;SEEK
  dc.l 1007         ;END

; Adressen der Packet-Type Routinen:

ACTION_ACTS:  dc.l DO_NOT_KNOWN
  dc.l DO_NIL
  dc.l DO_GET_BLOCK
  dc.l DO_SET_MAP
  dc.l DO_DIE
  dc.l DO_EVENT
  dc.l DO_CURRENT_VOLUME
  dc.l DO_LOCATE_OBJECT
  dc.l DO_RENAME_DISK
  dc.l DO_WRITE
  dc.l DO_READ
  dc.l DO_RETURN_WRITE
```

```
dc.l DO_RETURN_READ
dc.l DO_FREE_LOCK
dc.l DO_DELETE_OBJECT
dc.l DO_RENAME_OBJECT
dc.l DO_COPY_DIR
dc.l DO_WAIT_CHAR
dc.l DO_SET_PROTECT
dc.l DO_CREATE_DIR
dc.l DO_EXAMINE_OBJECT
dc.l DO_EXAMINE_NEXT
dc.l DO_DISK_INFO
dc.l DO_INFO
dc.l DO_SET_COMMENT
dc.l DO_PARENT
dc.l DO_TIMER
dc.l DO_INHIBIT
dc.l DO_DISK_TYPE
dc.l DO_DISK_CHANGE
dc.l DO_FIND_INPUT
dc.l DO_FIND_OUTPUT
dc.l DO_SEEK
dc.l DO_END

; Packet-Type Routinen:

DO_NOT_KNOWN:  jsr ReturnPacketError
  jmp Quit
DO_NIL:  jsr Blip
  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_GET_BLOCK:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_SET_MAP:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_DIE:  jmp QuitReturn
DO_EVENT:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_CURRENT_VOLUME:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_LOCATE_OBJECT:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_RENAME_DISK:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_WRITE:  jsr Write
  jmp Back
DO_READ:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_RETURN_WRITE:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_RETURN_READ:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_FREE_LOCK:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_DELETE_OBJECT:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_RENAME_OBJECT:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_COPY_DIR:  jsr ReturnPacketOK
```

```
  jmp Back
DO_WAIT_CHAR:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_SET_PROTECT:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_CREATE_DIR:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_EXAMINE_OBJECT:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_EXAMINE_NEXT:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_DISK_INFO:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_INFO:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_SET_COMMENT:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_PARENT: jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_TIMER:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_INHIBIT: jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_DISK_TYPE:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_DISK_CHANGE:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_FIND_INPUT:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_FIND_OUTPUT:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_SEEK:  jsr ReturnPacketOK
  jmp Back
DO_END:  jmp QuitReturn

; Adressen der Packet-Type Strings:

ACTION_TABLE:  dc.l ACTION_NOT_KNOWN
  dc.l ACTION_NIL
  dc.l ACTION_GET_BLOCK
  dc.l ACTION_SET_MAP
  dc.l ACTION_DIE
  dc.l ACTION_EVENT
  dc.l ACTION_CURRENT_VOLUME
  dc.l ACTION_LOCATE_OBJECT
  dc.l ACTION_RENAME_DISK
  dc.l ACTION_WRITE
  dc.l ACTION_READ
  dc.l ACTION_RETURN_WRITE
  dc.l ACTION_RETURN_READ
  dc.l ACTION_FREE_LOCK
  dc.l ACTION_DELETE_OBJECT
  dc.l ACTION_RENAME_OBJECT
  dc.l ACTION_COPY_DIR
  dc.l ACTION_WAIT_CHAR
  dc.l ACTION_SET_PROTECT
  dc.l ACTION_CREATE_DIR
  dc.l ACTION_EXAMINE_OBJECT
```

```
  dc.l ACTION_EXAMINE_NEXT
  dc.l ACTION_DISK_INFO
  dc.l ACTION_INFO
  dc.l ACTION_SET_COMMENT
  dc.l ACTION_PARENT
  dc.l ACTION_TIMER
  dc.l ACTION_INHIBIT
  dc.l ACTION_DISK_TYPE
  dc.l ACTION_DISK_CHANGE
  dc.l ACTION_FIND_INPUT
  dc.l ACTION_FIND_OUTPUT
  dc.l ACTION_SEEK
  dc.l ACTION_END

; Packet-Type Strings

ACTION_NIL:              dc.b "ACTION_NIL             ($00000000)"
ACTION_GET_BLOCK:        dc.b "ACTION_GET_BLOCK       ($00000002)"
ACTION_SET_MAP:          dc.b "ACTION_SET_MAP         ($00000004)"
ACTION_DIE:              dc.b "ACTION_DIE             ($00000005)"
ACTION_EVENT:            dc.b "ACTION_EVENT           ($00000006)"
ACTION_CURRENT_VOLUME:   dc.b "ACTION_CURRENT_VOLUME  ($00000007)"
ACTION_LOCATE_OBJECT:    dc.b "ACTION_LOCATE_OBJECT   ($00000008)"
ACTION_RENAME_DISK:      dc.b "ACTION_RENAME_DISK     ($00000009)"
ACTION_WRITE:            dc.b "ACTION_WRITE           ($00000057)"
ACTION_READ:             dc.b "ACTION_READ            ($00000052)"
ACTION_RETURN_WRITE:     dc.b "ACTION_RETURN_WRITE    ($000003EA)"
ACTION_RETURN_READ:      dc.b "ACTION_RETURN_READ     ($000003E9)"
ACTION_FREE_LOCK:        dc.b "ACTION_FREE_LOCK       ($0000000F)"
ACTION_DELETE_OBJECT:    dc.b "ACTION_DELETE_OBJECT   ($00000010)"
ACTION_RENAME_OBJECT:    dc.b "ACTION_RENAME_OBJECT   ($00000011)"
ACTION_COPY_DIR:         dc.b "ACTION_COPY_DIR        ($00000013)"
ACTION_WAIT_CHAR:        dc.b "ACTION_WAIT_CHAR       ($00000014)"
ACTION_SET_PROTECT:      dc.b "ACTION_SET_PROTECT     ($00000015)"
ACTION_CREATE_DIR:       dc.b "ACTION_CREATE_DIR      ($00000016)"
ACTION_EXAMINE_OBJECT:   dc.b "ACTION_EXAMINE_OBJECT  ($00000017)"
ACTION_EXAMINE_NEXT:     dc.b "ACTION_EXAMINE_NEXT    ($00000018)"
ACTION_DISK_INFO:        dc.b "ACTION_DISK_INFO       ($00000019)"
ACTION_INFO:             dc.b "ACTION_INFO            ($0000001A)"
ACTION_SET_COMMENT:      dc.b "ACTION_SET_COMMENT     ($0000001C)"
ACTION_PARENT:           dc.b "ACTION_PARENT          ($0000001D)"
ACTION_TIMER:            dc.b "ACTION_TIMER           ($0000001E)"
ACTION_INHIBIT:          dc.b "ACTION_INHIBIT         ($0000001F)"
ACTION_DISK_TYPE:        dc.b "ACTION_DISK_TYPE       ($00000020)"
ACTION_DISK_CHANGE:      dc.b "ACTION_DISK_CHANGE     ($00000021)"
ACTION_FIND_INPUT:       dc.b "ACTION_FIND_INPUT      ($000003ED)"
ACTION_FIND_OUTPUT:      dc.b "ACTION_FIND_OUTPUT     ($000003EE)"
ACTION_SEEK:             dc.b "ACTION_SEEK            ($000003F0)"
ACTION_END:              dc.b "ACTION_END             ($000003EF)"
ACTION_NOT_KNOWN:        dc.b "ACTION_NOT_KNOWN       ($????????)"

********************** - Init - ******************************

Init:

  move.l  ExecBase,a6
  lea     GfxName,a1                  ;GfxBase =
  move.l  #0,d0
```

```
jsr      OpenLibrary(a6)          ;OpenLibrary (GfxName,0)
move.l   d0,GfxBase

tst.l    GfxBase
beq      EndInitError

move.l   ExecBase,a6
lea      IntuiName,a1             ;IntuitionBase =
move.l   #0,d0
jsr      OpenLibrary(a6)          ;OpenLibrary (IntuiName,0)
move.l   d0,IntuitionBase

tst.l    IntuitionBase
beq      EndInitError

move.l   IntuitionBase,a6
lea      NewScreen,a0             ;Screen =
jsr      OpenScreen(a6)
move.l   d0,Screen                ;OpenScreen(NewScreen)
move.l   Screen,d0

tst.l    Screen
beq      EndInitError

move.l   Screen,d0
add.l    #44,d0                   ;ViewPort = &Screen->ViewPort
move.l   d0,ViewPort

move.l   GfxBase,a6
move.l   ViewPort,a0
move.l   #0,d0
move.l   #6,d1
move.l   #6,d2                    ;SetRGB4(ViewPort,0,6,6,6)
move.l   #6,d3
jsr      SetRGB4(a6)
move.l   GfxBase,a6
move.l   ViewPort,a0
move.l   #1,d0
move.l   #15,d1
move.l   #7,d2                    ;SetRGB4(ViewPort,1,15,7,7)
move.l   #7,d3
jsr      SetRGB4(a6)

move.l   GfxBase,a6
move.l   ViewPort,a0
move.l   #2,d0
move.l   #10,d1                   ;SetRGB4(ViewPort,2,10,10,15)
move.l   #10,d2
move.l   #15,d3
jsr      SetRGB4(a6)

move.l   GfxBase,a6
move.l   ViewPort,a0
move.l   #3,d0
move.l   #7,d1                    ;SetRGB4(ViewPort,3,7,7,15)
move.l   #7,d2
move.l   #15,d3
jsr      SetRGB4(a6)
```

```
    move.l  Screen,d0                       ;RastPort =
    add.l   #84,d0                          ;&Screen->RastPort
    move.l  d0,RastPort

    move.l  GfxBase,a6
    move.l  RastPort,a1
    move.l  #1,d0                           ;SetAPen(RastPort,1)
    jsr     SetAPen(a6)

    move.l  GfxBase,a6
    move.l  RastPort,a1
    move.l  #0,d0
    move.l  #105,d1                         ;Move(RastPort,0,105)
    jsr     Move(a6)

    move.l  GfxBase,a6
    move.l  RastPort,a1
    move.l  #319,d0                         ;Draw(RastPort,319,105)
    move.l  #105,d1
    jsr     Draw(a6)

EndInit:
    move.l  #0,d0
    rts

EndInitError:
    move.l  #-1,d0
    rts

NewScreen:  dc.w 0                          ;LeftEdge
    dc.w 0                                  ;TopEdge
    dc.w 320                                ;Width
    dc.w 256                                ;Height
    dc.w 2                                  ;Depth
    dc.b 1                                  ;DetailPen
    dc.b 0                                  ;BlockPen
    dc.w 0                                  ;ViewModes
    dc.w $f                                 ;CUSTOMSCREEN
    dc.l 0                                  ;Font
    dc.l Title                              ;Screen-Titel
    dc.l 0                                  ;Gadgets
    dc.l 0                                  ;BitMap

Title:  dc.b "           Handler-Trace",0
    even

Screen:         ds.l 1

RastPort:       ds.l 1
ViewPort:       ds.l 1

DosBase:        ds.l 1
GfxBase:        ds.l 1
IntuitionBase:  ds.l 1

OpenString:     ds.l 1
```

```
DosName:        dc.b "dos.library",0
GfxName:        dc.b "graphics.library",0
IntuiName:      dc.b "intuition.library",0
  even

********************* - Blip - ****************************

Blip:
  move.w #$0fff,d0
BlipLoop:
  move.w #$0F77,$dff180
  move.w #$0AAF,$dff182
  move.w #$077F,$dff184              ;Bildschirmblinken
  move.w #$0666,$dff186
  dbra   d0,BlipLoop
  rts

********************* - MouseKlick - **********************

MouseKlick:
  btst   #6,$bfe001                  ;Linke Maustaste abwarten
  bne    MouseKlick
  rts

********************* - HexDump - *************************

HexDump:
  lea    HexTable,a2
  lea    Buff+8,a0

  move.l #7,d0
HexLoop:
  move.l Number,d2
  and.l  #$0000000f,d2
  move.b 0(a2,d2),-(a0)
  move.l Number,d2                   ;Number nach Hex wandeln
  asr.l  #4,d2
  move.l d2,Number
  dbra   d0,HexLoop

  move.l GfxBase,a6
  lea    Buff,a0                     ;Text(RastPort,Buff,8)
  move.l RastPort,a1
  move.l #8,d0
  jsr    Text(a6)
  rts

HexTable:  dc.b "0123456789ABCDEF"
Number:  ds.l 1
Buff:  ds.l 2
  even

********************* - PrintType - ***********************

PrintType:
  move.l GfxBase,a6
  move.l RastPort,a1                 ;Move(RastPort,d0,d1)
```

```
    jsr     Move(a6)

    lea     ACTION_TYPES,a1
    move.l  #34,d0                  ;34 types
    lea     ACTION_TABLE,a0
    move.l  d2,Number

loopab:
    add.l   #4,a0
    move.l  (a1)+,d1
    cmp.l   d2,d1                   ;Action_Typ_String ermitteln
    beq     Print
    dbra    d0,loopab
    lea     ACTION_TABLE,a0
Print:
    move.l  (a0),a0
    move.l  GfxBase,a6
    move.l  RastPort,a1             ;Text(RastPort,
    move.l  #24,d0                  ;  Action_String,24)
    jsr     Text(a6)

    jsr     HexDump                 ;PacketType nach Hex

    move.l  GfxBase,a6
    lea     KlammerZu,a0
    move.l  RastPort,a1             ;Text (RastPort,")",1)
    move.l  #1,d0
    jsr     Text(a6)

    rts

KlammerZu:  dc.b ")"
    even

x:  ds.l 1
y:  ds.l 1

end
```

Insbesondere die TaskWait- und die ReturnPacket-Funktionen spielen beim Packet Hin- und Hergeschiebe eine große Rolle.

Zu Beginn des Handlers, der mittels LoadSeg() und CreateProc() geladen und gestartet wurde, wird auf das Startup-Packet vom DOS gewartet. Wurde dies empfangen (für DosPackets wird Signal-Bit 8 verwendet), enthält "OurPacket->dp_Arg1" den OpenString. Dieser enthält den Namen des logischen Devices (z.B: DF0:, PAR: etc).

Wenn Sie dieses Startup-Packet verarbeitet haben (z.B. die nötigen Devices wie Trackdisk-Device o.ä eröffnet), können Sie das Packet an den Sender, also ans DOS, zurücksenden. Wir haben im obigen Programmbeispiel einen Intuition-Screen eröffnet, in dem alle Packet-Typen der vom DOS gesendeten Packets angezeigt werden.

Nach dieser Initialisierung wird mit "MainLoop" fortgefahren. Hier spielt sich alles ab. Es wird auf ein DosPacket gewartet und dann je nach Typ eine Routine angesprungen. Wir haben die Realisation über Sprungtabellen gewählt. Je nach PacketTyp wird die anzuspringende Routine ermittelt und ausgeführt (ActType).

Wurde die entsprechende Routine ausgeführt, wird das Packet returniert, und es wird mit der MainLoop weitergemacht. Hierbei gibt es allerdings zwei Ausnahmen: Wurde ein Packet des Typs ACTION_DIE oder ACTION_END gesendet, werden alle Maßnahmen zum Verlassen des Handlers getroffen.

Zunächst wird auch hier das Packet returniert. Dann aber wird der Intuition_Screen geschlossen und das Programm "entladen" (UnloadSeg). Damit bei einem späteren Zugriff dem AmigaDOS auch klar ist, daß der Handler nicht mehr im Speicher vorhanden ist, wird in der DeviceNode der Zeiger "SegList" gelöscht. Dies signalisiert dem DOS, daß der Handler bei erneutem Zugriff wieder geladen werden muß.

Nach diesem globalen Ablaufschema eines Handlers wollen wir nun ein wenig tiefer in diese Materie eindringen. Zunächst wollen wir die Routinen TaskWait und ReturnPacket betrachten:

```
********************** - Taskwait - ***************************

TaskWait:
  move.l  ExecBase,a6
  move.l  #0,a1
  jsr     FindTask(a6)           ;TWProcess = FindTask (NULL)

  move.l  d0,TWProcess
  add.l   #92,d0
  move.l  d0,TWPort              ;TWPort = TWProcess->pr_MsgPort
  move.l  ExecBase,a6
  move.l  #0,d0
  move.l  #DosSignal,D1          ;SetSignal (0,256)
  jsr     SetSignal(a6)

  move.l  ExecBase,a6
  move.l  #DosSignal,d0          ;Wait(256)
  jsr     Wait(a6)
  move.l  ExecBase,a6
  move.l  TWPort,a0
  jsr     GetMsg(a6)             ;Message = GetMsg(TWPort)
  move.l  d0,a0
  move.l  10(a0),d0              ;return
  rts                            ; (Message->mn_Node.ln_Name)

TWProcess:  ds.l 1
TWPort:     ds.l 1
```

TaskWait wartet zunächst darauf, daß das Signal-Bit 8 gesetzt wird. Dieses Signal ist für die Inter-Prozeß-Kommunikation reserviert und dient dem DOS zur Signalisierung von DosPacket-Messages. Wenn TaskWait feststellt, daß das Signal-Bit gesetzt worden ist, holt sich diese Routine über den prozeßeigenen Message-Port die vom DOS gesandte Message (natürlich ein Packet) mittels GetMsg(). In "Message->mn_Node.ln_Name" ist - etwas unkonventionell - der Zeiger auf das gesandte Packet enthalten und wird an das TaskWait aufrufende Programm in D0 übergeben.

Nun haben wir also das Packet vom DOS erhalten und können uns dem Verarbeiten dieses Packets widmen. Dabei gilt natürlich zu unterscheiden, ob das Packet ein Startup-Packet (das allererste) oder ein "gewöhnliches" Packet ist.

Beim gewöhnlichen Packet wird in ActType die jeweilige Routine angesprungen, die für die Bearbeitung des gesandten Packets notwendig ist. Damit wir das Programm gegebenenfalls auch aus einer dieser Routinen verlassen können, werden diese Routinen mittels "jmp" angesprungen. Bei "jsr" würde ein "rts" ja dafür sorgen, daß das Programm wieder in die MainLoop zurückspringt. Das Programm soll aber verlassen werden.

Bei Packets, nach deren Abarbeitung noch weitere Packets erwartet werden (alle außer ACTION_DIE und ACTION_END), wird mittels "jmp Back" in die MainLoop zurückgesprungen.

Im oben abgedruckten Handler werden die meisten Packets durch "jsr ReturnPacketOK" und "jmp Back" bearbeitet. Dies deshalb, weil ja vielleicht einmal ein unerwartetes Packet gesendet werden könnte, was bei Nichtbearbeitung dazu führen würde, daß das DOS bis in alle Ewigkeit auf die Antwort auf sein vormals gesendetes Packet wartet.

Doch wie geht das Returnieren eines Packets vor sich? Sehen wir uns dazu folgende Routinen an:

```
********************** - ReturnPacketOK - ********************

ReturnPacketOK:
  move.l  OurPacket,a0
  move.l  a0,d0               ;Packet->Res1 = -1
  move.l  #-1,d1
  move.l  16(a0),d2           ;Packet->Res2 =
  jmp     ReturnPacket        ;Packet->Res2
```

```
********************** - ReturnPacketError - *****************

ReturnPacketError:
   move.l  OurPacket,a0
   move.l  a0,d0
   move.l  #0,d1                 ;Packet->Res1 = 0
   move.l  #202,d2               ;Packet->Res2 = ;ERROR_OBJECT_IN_USE

********************* - ReturnPacket (Universal) - **********

ReturnPacket:
   move.l  d0,RTPacket           ;Packet sichern
   move.l  d0,a0
   move.l  d1,12(a0)             ;Packet->Res1 = d1
   move.l  d2,16(a0)             ;Packet->Res2 = d2

   move.l  (a0),RTMessage        ;Message = Packet->dp_Link
   move.l  4(a0),RTPort          ;Port = Packet->dp_port

   move.l  ExecBase,a6
   move.l  #0,a0                 ;RTProcess = FindTask (0)
   jsr     FindTask(a6)
   move.l  d0,RTProcess

   add.l   #92,d0
   move.l  RTPacket,a0           ;Packet->dp_port = &Process->
   move.l  d0,4(a0)              ;                  pr_MsgPort
   move.l  RTMessage,a0
   move.l  RTPacket,10(a0)       ; Message->mn_Node.ln_Name =
                                 ;        Packet

   clr.l   (a0)                  ;Message->mn_Node.ln_Succ =
   clr.l   4(a0)                 ;Message->mn_Node.ln_Pred =
                                 ; NULL

   move.l  ExecBase,a6
   move.l  RTPort,a0
   move.l  RTMessage,a1          ;PutMsg (RTPort,RTMessage)
   jmp     PutMsg(a6)

RTPort:     ds.l 1
RTMessage:  ds.l 1
RTProcess:  ds.l 1
RTPacket:   ds.l 1
```

In ReturnPacketOK wird zunächst Packet->dp_Res1 auf -1 gesetzt. Packet->dp_Res2 bleibt erhalten. Diese Variable wird vom DOS beim Senden immer auf 0 gesetzt, so daß wir auch hier 0 in Packet->dp_Res2 zurückgeben. "-1" in Res1 und "0" in Res2 signalisiert dem DOS: Kein Fehler!

Sollte einmal ein Fehler bei der Abarbeitung eines Packets auftauchen, sollten Sie dies auch dem DOS mitteilen. Dies geschieht durch Übergabe des Wertes 0 in "Res1" und des DOS-Fehler-Codes in "Res2".

(Mit Hilfe der DOS-Routine IOError() ist es ja möglich, den Fehler-Code bei einer fehlgeschlagenen DOS-Funktion zu ermitteln. Dieser Fehler-Code hat den gleichen Wert wie "dp_Res2").

In unserem Programmbeispiel geben wir bei einem Fehler den Wert 202 in Res2 zurück. Dieser Fehler-Code steht für "OBJECT IN USE". Doch kommen wir nun dazu, was beim Returnieren eines Packets geschehen muß:

Unsere ReturnPacketUniversal-Routine erwartet von Ihnen den Wert für "Packet->Res1" in D0 und den Wert für "Packet->Res2" in D1. Dann wird mittels FindTask() der Prozeß-Message-Port ermittelt, über den das Packet zurückgeschickt werden soll. Danach wird die Adresse des zurückzusendenden Packets in "Message->mn_Node.lnName" angegeben und das Packet über den MessagePort durch PutMsg() zurückgeschickt. Weil bekanntlich Messages verkettet werden können, werden bei dieser Message Vorgänger und Nachfolger gelöscht. So ist sichergestellt, daß nur eine eine Message, sprich Packet, gesandt wird.

Nach diesen recht komplexen Mechanismen für die Verwendung von DosPackets wollen wir uns den einzelnen Packet-Typen widmen:

(1005)	ACTION_FIND_INUPUT	Versuche File für lesenden Zugriff zu öffnen. Gib FileHandle in DosPacket->Arg1 zurück.
(1006)	ACTION_FIND_OUTPUT	Versuche File für schreibenden Zugriff zu öffnen. Gib FileHandle zurück in DosPacket->Arg1.
(1007)	ACTION_END	Schließe offenes File. FileHandle des Files in DosPacket->Arg1.

Dem erfahrenen Programmierer wird auffallen, daß die Werte 1005 und 1006 auch in Verbindung mit dem DOS-Open() Befehl verwendet werden. Sie stehen für MODE_OLDFILE (1005) und MODE_NEWFILE (1006).

Wenn Sie einen eigenen Handler schreiben, sollten Sie darauf achten, daß die von Ihnen erzeugten FileHandles sinnvoll sind, da Sie anhand dieser das geöffnete File wieder schließen müssen. Wählen Sie jeweils verschiedene FileHandles.

(82)	ACTION_READ	Lies Daten aus File (Hier kann ein beliebiges Device angesprochen werden).
(87)	ACTION_WRITE	Schreibe Daten in File (Hier kann ein beliebiges Device angesprochen werden).

(1001)	ACTION_RETURN_READ	Dieses Packet wird vom Device und nicht vom DOS gesendet. Es enthält die von ACTION_R angeforderten Daten (Arg1).
(1002)	ACTION_RETURN_WRITE	Dieses Packet wird vom Device und nicht vom DOS gesendet. Es enthält die Fehlermeldung des Device-Schreibzugriff (Arg1).
(20)	ACTION_WAITCHAR	Warte auf Zeichen, dieses wird zurückgegeben über ACTION_READ und ACTION_RETURN_READ .
(25)	ACTION_DISKINFO	Infos über Disk holen (Rückgabe über Arg1).
(994)	ACTION_SETRAWMODE	Set Raw-Modus (z.B. Console-Device)
(5)	ACTION_DIE	Schließe Device, verlasse Handler.
(30)	ACTION_TIMER	Hole Zeit.

Wenn ein Packet ein Ergebnis (z.B. aus einem lesenden Zugriff) ans DOS zurückgeben will, geschieht das über DosPacket->Arg1. Dies ist ein BCPL-Zeiger auf die Daten.

Als aufmerksamer Leser werden Sie sicher festgestellt haben, daß wir oben weniger Packet-Typen vorgestellt haben als in unserem Programmbeispiel vorkommen. Dies liegt daran, daß die übrigen Typen für FileSysteme verwendet werden.

Beim FileSystem sieht auch schon das Startup-Packet anders aus als das für den Handler. In DosPacket->Arg1 wird Ihnen der Name des zu bearbeitenden FilesSystems (z.B. FAST, siehe FastFileSystem) übergeben. In DosPacket->Arg2 erhalten Sie die Adresse der FileSysStartupMsg-Struktur (BPTR), auf die der Zeiger "DeviceNode->dn_Startup" bekanntlich zeigt. In DosPacket->Arg3 erhalten Sie dann noch die Adresse der zugehörigen DeviceNode-Struktur.

Hier die Packet-Types für FileSysteme:

(1005)	ACTION_FIND_INPUT	Öffne File (Lesen) Arg1 => enthält FileHandle (vom FileSystem erzeugt) Arg2 => Directory Lock Arg3 => Name des Files.
(1006)	ACTION_FIND_OUTPUT	Öffne File (Schreiben), Parameter s.o.
	ACTION_FIND_UPDATE	Öffne File, Parameter s.o.
	ACTION_READ	Lies Daten aus File (Read()-Funktion). Arg1: Vorher erzeugtes FileHandle.
	ACTION_WRTIE	Schreibe Daten in File (Write()-Funktion). Arg1: Vorher erzeugtes FileHandle.
	ACTION_SEEK	Lese-/Schreibposition setzen (Seek()-Funktion). Arg1: Vorher erzeugtes FileHandle. Hier zeigt sich,

	daß FileHandle sinnvolle Daten enthalten sollte (siehe "libraries/dos.h").
ACTION_END	Schließe File (Close()-Funktion) (Alle begonnenen Writes vollenden!) Arg1: FileHandle.
ACTION_CREATE_DIR	Erzeuge neues Directory (CreateDir-Funktion()). Parameter: siehe ACTION_FIND_OUTPUT.
ACTION_LOCATE_OBJECT	Erzeuge Lock für File (Lock()-F.).
ACTION_FREE_LOCK	Gib Lock() wieder frei (Unlock()).
ACTION_COPY_DIR	Kopiere Lock (DupLock()-Funktion).
ACTION_EXAMNE_OBJECT	Examine()-Funktion.
ACTION_EXAMINE_NEXT	ExNext()-Funktion.
ACTION_DISK_INFO	Info()-Funktion.
ACTION_INFO	Packet ist ACTION_DISK_INFO ähnlich. Es wird überprüft, ob Lock auf eine Diskette sich auf eine eingelegte (gemountete) Diskette bezieht.
ACTION_CURRENT_VOLUME	Gibt Zeiger auf DosNode der Diskette (DLT_VOLUME) zurück.
ACTION_PARENT	ParentDir()-Funktion.
ACTION_RENAME_OBJECT	Rename()-Funktion.
ACTION_DELETE_OBJECT	Delete()-Funktion.
ACTION_SET_DATE	DateStamp()-Funktion-
ACTION_SET_COMMENT	SetComment()-Funktion.
ACTION_SET_PROTECT	SetProtection()-Funktion.
ACTION_FLUSH	CMD_FLUSH-Kommando für Device.
ACTION_MORE_CACHE	CLI-AddBuffers-Kommando.
ACTION_RENAME_DISK	Rename()-Funktion.
ACTION_INHIBIT	Volume aus DeviceList entfernen (z.B. wenn aus Laufwerk entfernt).

Es ist doch beachtlich, wie viele DOS-Funktionen über Handler abgewickelt werden. Gerade das ist es, was das DOS so vielseitig macht. Sie können sowohl Open ("df0:text",1005) als auch Open ("CON:0/0/640/200/Test Window",1005) programmieren. Obwohl das Ergebnis dieser beiden Funktionsaufrufe vollkommen verschieden ist - abgewickelt werden sie beide über den DOS-Open()-Befehl!

3.7 Devices

In den Devices liegt eine der großen Stärken des Amiga-Betriebssystems. Es handelt sich dabei um Programmpakete, die einige Aufgaben übernehmen. Diese Aufgaben werden den Devices von einem laufenden Programm erteilt, das dann entweder auf ein Ergebnis wartet oder weiterarbeiten kann. Auf diese Weise kann ein Programm relativ einfach das Multitasking verwenden.

Der grundsätzliche Aufbau solcher Devices wurde bereits im EXEC-Kapitel erklärt. Wir wollen uns nun mit der praktischen Anwendung

befassen. Zunächst ein Blick auf die Vorgehensweise bei der Programmierung, die in folgenden Schritten abläuft:

1. Da die Erledigung einer Aufgabe von der Device mittels einer Message gemeldet wird, muß der Empfänger dieser Message, eben das eigene Programm, zunächst einmal ermittelt werden. Dies wird mit der FindTask()-Funktion des EXEC erledigt, der man als Parameter eine Null übergibt. Der so erhaltene Wert wird dann im nächsten Schritt verwertet.
2. Für die Message der Device wird ein Port mittels der AddPort()-Funktion angelegt. Es handelt sich dabei um einen Reply-Port, was soviel wie Antwort-Port heißt. In dieser MessagePort-Struktur wird im Eintrag SigTask (Portadresse +$10) der eben erhaltene Zeiger auf die eigene Task-Struktur abgelegt.
3. Die Device wird mittels der OpenDevice()-Funktion geöffnet. Dabei muß ein Zeiger auf den Device-Namen und einer auf die I/O-Struktur übergeben werden, die dann zur Kommunikation mit dem Device-Programm benötigt wird.
4. In der I/O-Struktur werden die Parameter eingetragen, welche für die gewünschte Funktion nötig sind. Die Anzahl und Art der einzutragenden Parameter sind je nach Funktion sehr unterschiedlich.
5. Die Arbeit der Device wird mit DoIo() oder SendIo() gestartet. Bei DoIo() wartet das aufrufende Programm auf das OK-Signal im Reply-Port, mit SendIo() wird die Arbeit der Device nur gestartet, und das Programm kann weiterarbeiten.

Hier sind zwei Strukturen aufgetaucht, die die Kommunikation zwischen Anwender-Programm und Devices steuern. Dies sind die Port- und die I/O-Struktur, die an anderer Stelle bereits beschrieben wurden. Hier noch einmal die Standard-Struktur der I/O-Operationen:

Offset	Name	Bedeutung
	STRUCT MsgNode	
0	Succ	Zeiger auf nachfolgenden Eintrag.
4	Pred	Zeiger auf vorhergehenden Eintrag.
8	Type	Eintragstyp
9	Pri	Priorität
10	Name	Zeiger auf Namen.
14	ReplyPort	Zeiger auf ReplyPort.
18	MNLength	Node-Länge
	STRUCT IOExt	
20	IO_DEVICE	Zeiger auf Device-Node.
24	IO_UNIT	Interne Einheitsnummer.
28	IO_COMMAND	Kommando
30	IO_FLAGS	Flags
31	IO_ERROR	Fehlerstatus

	STRUCT IOStdExt	
32	IO_ACTUAL	Anzahl der übertragenen Bytes.
36	IO_LENGTH	Anzahl der zu übertragenden Bytes.
40	IO_DATA	Zeiger auf Datenpuffer.
44	IO_OFFSET	Offset (z.B. für Trackdisk-Device).
48	Hier beginnt die jeweilige erweiterte Struktur	

Die normalen I/O-Funktionen werden mit den Standard-Kommandos ausgelöst, die zu den I/O-Definitionen gehören. Diese Kommandos sind:

(0)	CMD_INVALID	Ungültiges Kommando.
(1)	CMD_RESET	Zurücksetzen der Device auf den Anfangszustand.
(2)	CMD_READ	Lesen aus der Device.
(3)	CMD_WRITE	Schreiben in die Device.
(4)	CMD_UPDATE	Aufarbeiten der Puffer.
(5)	CMD_CLEAR	Löschen aller Puffer.
(6)	CMD_STOP	Pause einlegen.
(7)	CMD_START	Nach der Pause weiterarbeiten.
(8)	CMD_FLUSH	Abbruch der momentanen Arbeit.

Zusätzlich zu diesen Kommandos gibt es für jede Device einige weitere, die in den folgenden Beispielen erklärt werden.

Auf einer normalen Workbench-Diskette befinden sich etliche Devices im DEVS-Unter-Directory. Einige weitere Devices sind nicht auf der Diskette zu finden und trotzdem verfügbar, da sie resident im Amiga liegen.

Wir wollen uns nun mit der Programmierung der wichtigsten Devices anhand von Beispielen beschäftigen, die Sie in eigenen Programmen vielleicht gut gebrauchen können.

3.7.1 Trackdisk-Device: Zugriff auf Disketten

Das Trackdisk-Device ist die vom Betriebssystem vorgesehene Verbindung zu den Disketten. Dies wird auch vom DOS verwendet. Es bietet die Möglichkeit des direkten Disketten-Zugriffes, ohne auf die Hardware-Register zugreifen zu müssen.

Die erweiterte I/O-Struktur enthält folgende zwei Einträge (Langworte), die allerdings nur für erweiterte Kommandos nötig sind:

IOTD_COUNT	Anzahl erlaubter Diskettenwechsel.
IOTD_SECLABEL	Zeiger auf Sektor-Header-Feld, welches pro zu lesenden Sektor 16 Bytes groß sein muß.

Diese Device besitzt eine große Anzahl von zusätzlichen Kommandos. Dabei wird noch zwischen den normalen und den erweiterten Trackdisk-Kommandos unterschieden. Hier eine Liste aller gültigen Trackdisk-Kommandos:

Standard-Kommandos

(2)	CMD_READ	Lesen eines oder mehrerer Sektoren von Diskette.
(3)	CMD_WRITE	Schreiben eines oder mehrerer Sektoren auf Diskette.
(4)	CMD_UPDATE	Trackpuffer auf Diskette zurückschreiben.
(5)	CMD_CLEAR	Trackpuffer als ungültig erklären.

Trackdisk-Kommandos:

(9)	TD_MOTOR	Ein-/Ausschalten des Motors.
(10)	TD_SEEK	Schreib-/Lesekopf des Laufwerks auf einen bestimmten Track positionieren.
(11)	TD_FORMAT	Initialisierung eines oder mehrerer Tracks.
(12)	TD_REMOVE	Interrupt-Routine installieren, welche bei einem Diskettenwechsel aufgerufen wird.
(13)	TD_CHANGENUM	Anzahl der Diskettenwechsel ermitteln.
(14)	TD_CHANGESTATE	Feststellen, ob eine Diskette eingelegt ist.
(15)	TD_PROTSTATUS	Feststellen, ob die Diskette schreibgeschützt ist.
(16)	TD_RAWREAD	Lesen des unbearbeiteten Disketteninhalts.
(17)	TD_RAWWRITE	Unbearbeitete Daten auf Diskette schreiben.
(18)	TD_GETDRIVETYPE	Laufwerkstyp ermitteln (1 = 3½-, 2 = 5¼ Zoll).
(19)	TD_GETNUMTRACKS	Gesamtzahl der Tracks ermitteln.
(20)	TD_ADDCHANGEINT	Interrupt-Routine installieren, die bei Diskettenwechsel aufgerufen wird.
(21)	TD_REMCHANGEINT	Obige Routine abschalten.
(22)	TD_LASTCOMM	Letztes Kommando ermitteln.

Erweiterte Kommandos (Nummern alle +32768 bzw. +$8000): Gleiche Funktion wie oben, jedoch nur, wenn kein Disketten-Wechsel vorgenommen wurde:

(2) ETD_READ
(3) ETD_WRITE
(4) ETD_UPDATE
(5) ETD_CLEAR
(9) ETD_MOTOR
(10) ETD_SEEK
(11) ETD_FORMAT
(16) ETD_RAWREAD
(17) ETD_RAWWRITE

Wir wollen uns nun ein kleines Maschinenprogramm ansehen, das die Trackdisk-Device anwendet. Ein einfaches Beispiel ist es hierfür, ein paar Sektoren von der Diskette in den Speicher zu laden. Wenn Sie im Besitz eines Assembler-/Debugger-Paketes wie z.B. dem Profimat oder dem K-SEKA sind, so können Sie sich das Ergebnis direkt ansehen. Andernfalls können Sie die erhaltenen Daten ja auch mittels des Open()- und Write()-Kommandos des AmigaDOS als Datei auf die Diskette schreiben und nachher mit TYPE und der Option H auf dem Bildschirm bzw. Drucker ausgeben lassen.

Beachten Sie bitte vor dem Ausprobieren dieses Programms, daß das Laden von Diskettensektoren in den Speicher über DMA (Direct Memory Access) läuft. Aufgrund der Architektur der alten Amiga-Typen ist dies nur in den unteren 512 KByte, dem Chip-RAM, möglich. Sollten Sie also einen Rechner mit mehr als 512 KByte haben, so starten Sie bitte vor diesem Beispielprogramm das NoFastMem-Utility, das sich auf der Workbench befindet!

```
;***  Trackdisk-Device-Demo: Sektoren lesen 6/87  S.D. ***

ExecBase  = 4                      ;EXEC-Basisadresse
FindTask  = -294                   ;Task-Struktur suchen
AddPort   = -354                   ;Port erstellen
RemPort   = -360                   ;Port entfernen
OpenLib   = -408                   ;Library öffnen
CloseLib  = -414                   ;Library schließen
OpenDev   = -444                   ;Device öffnen
CloseDev  = -450                   ;Device schließen
DoIo      = -456                   ;I/O starten und warten

run:
  move.l  execbase,a6              ;Zeiger auf EXEC-Bibliothek
  sub.l   a1,a1                    ;Eigener Task
   jsr    FindTask(a6)             ;Task suchen
  move.l  d0,readreply+$10         ;SigTask: eigener Task

   lea    readreply,a1
   jsr    AddPort(a6)              ;Add Reply-Port

   lea    diskio,a1                ;I/O-Struktur
  move.l  #0,d0                    ;Laufwerk DF0:
  clr.l   d1                       ;Keine Flags
```

```
    lea     trddevice,a0           ;Device-Name
    jsr     OpenDev(a6)            ;Open trackdisk.device
    tst.l   d0                     ;OK?
    bne     error                  ;Nein: Fehler aufgetreten!

    lea     diskio,a1
    move.l  #readreply,14(a1)      ;set Reply-Port
    move    #2,28(a1)              ;Command: READ
    move.l  #diskbuff,40(a1)       ;Puffer
    move.l  #2*512,36(a1)          ;Länge: 2 Sektoren
    move.l  #880*512,44(a1)        ;Offset: 880 Sektoren (Root)
    move.l  execbase,a6            ;EXEC-Basisadresse
    jsr     DoIo(a6)               ;Sektoren lesen!

    move.l  diskio+32,d6           ;IO_ACTUAL in D6

    lea     diskio,a1
    move    #9,28(a1)              ;Command: TD_MOTOR
    move.l  #0,36(a1)              ;Motor aus-
    jsr     DoIo(a6)               ;schalten!

    lea     readreply,a1
    jsr     RemPort(a6)            ;Port entfernen

    lea     diskio,a1
    jsr     closedev(a6)           ;Trackdisk-Device schließen

  error:
    rts                            ;Ende

  trddevice:  dc.b 'trackdisk.device',0
  even

  diskio:     blk.l 20,0
  readreply:  blk.l 8,0
  diskbuff:   blk.b 512*2,0
```

In diesem Beispiel werden die Sektoren 880 und 881 von Laufwerk 0 in den Speicher ab "diskbuff" geladen. Bei dem Sektor 880 handelt es sich um den Root-Block, der ja den Diskettennamen und einiges mehr enthält.

Danach wird noch einmal DoIo() aufgerufen, um den Laufwerksmotor wieder auszuschalten (für's Einschalten hätte eine 1 in 36(A1) geschrieben werden müssen).

Zum Ablauf des Programms:

Mit dem Aufruf der FindTask()-Funktion, der als Argument in A1 eine Null übergeben wird, wird der Zeiger auf die eigene Task-Struktur ermittelt. Dieser Zeiger wird dann in die Port-Struktur eingetragen, damit das System weiß, welcher Task nach Beendigung der

I/O wieder "aufgeweckt" werden soll. Als nächstes wird der so vorbereitete Port im System installiert.

Nun wird das Trackdisk-Device geöffnet. In D0 können Sie hierbei wählen, auf welches Laufwerk sich diese Funktion beziehen soll. Wollen Sie mehrere Laufwerke gleichzeitig bearbeiten, müssen Sie mehrere I/O-Strukturen vorbereiten und OpenDevice()-Aufrufe machen.

Tritt beim Öffnen der Device ein Fehler auf, so wird zum Label "error" verzweigt, wo das Programm beendet wird. Andernfalls wird nun die I/O-Struktur mit den notwendigen Daten versehen:

- Dem Zeiger auf die Port-Struktur, über die die OK-Meldung der Device erfolgen soll.
- Das Kommando, welches bei der nächsten I/O-Operation ausgeführt werden soll (hier: 2=CMD_READ).
- Einem Zeiger auf den zu füllenden Pufferspeicher.
- Der Länge dieses Speichers.
- Für das Lesen von Sektoren die Angabe des Offsets vom Anfang der Diskette, was der Sektor- bzw. Blocknummer*512 entspricht.

Die so vorbereitete I/O-Struktur wird nun mit DoIo() dem System übergeben und die gewählte Funktion ausgelöst. Das Programm wartet dann solange, bis die I/O-Operation beendet ist. Ein eventueller Rückgabeparameter, wie etwa beim TD_PROTSTATUS-Kommando, wird dann in IO_ACTUAL übergeben und wird mit dem folgenden MOVE.L-Befehl ins Datenregister D6 geladen. In obigem Beispiel ist dies der Wert $400, was der Anzahl der gelesenen Bytes entspricht. Das Datenregister wird zwar nicht weiter verwendet, kann aber bei Verwendung eines Debuggers ausgegeben und abgelesen werden.

Anschließend folgt ein weiterer Aufruf der DoIo()-Funktion, diesmal mit dem Kommando TD_MOTOR (9). Der Parameter in IO_LENGTH (diskio+36) gibt dabei an, ob der Motor ein- (1) oder ausgeschaltet (0) werden soll.

Ist dies erledigt, so wird der Port abgemeldet und das Device geschlossen. Das war's.

Sollten Sie dieses Programm im Profimat oder K-SEKA gestartet haben, so werden nach dessen Beendigung die Prozessor-Register ausgegeben. In D6 finden Sie dann den Rückgabeparameter $400. Sie können nun außerdem durch die Eingabe von "q diskio+432" (SEKA) den

Diskettennamen ausgeben lassen, wobei das erste Byte die Länge des Namens angibt.

Sollte eine Funktion nicht so recht klappen, so wird ein Statuswert im Byte IO_ERROR übergeben. Die möglichen Werte sind hierbei:

20	NotSpecified	Unbekannter Fehler.
21	NoSecHdr	Kein Sektor-Header vorhanden.
22	BadSecPreamble	Ungültiger Sektor-Vorspann.
23	BadSecID	Ungültige Sektor-ID.
24	BadHdrSum	Falsche Header-Checksumme.
25	BadSecSum	Falsche Sektor-Checksumme.
26	TooFewSecs	Nicht genug Sektoren verfügbar.
27	BadSecHdr	Ungültiger Sektor-Header.
28	WriteProt	Diskette schreibgeschützt.
29	DiskChanged	Diskette ist gewechselt worden.
30	SeekError	Track nicht gefunden.
31	NoMem	Nicht genug Speicher.
32	BadUnitNum	Ungültige Sektornummer.
33	BadDriveType	Ungültiger Laufwerkstyp.
34	DriveInUse	Laufwerk bereits aktiv.
35	PostReset	Reset-Phase.

Dies war die eine Richtung. Die andere, also das Schreiben von Daten auf die Diskette, läuft genauso ab, nur daß das Kommando auf 3 (CMD_WRITE) geändert werden muß. Probieren Sie dies aber bitte nur auf weniger wichtigen Disketten aus, da bei einem Fehler eventuell Daten verlorengehen können...

Ein anderes Kommando ist recht interessant: TD_FORMAT. Mit diesem Kommando können ein oder mehrere Tracks auf der Diskette beschrieben werden. Die Daten, die im Speicher bereitliegen müssen und auf die der IO_DATA-Zeiger zeigt, werden dann in jeden der angegebenen Tracks geschrieben, ohne daß irgendein Test auf Diskettenwechsel o.ä. stattfindet. Man kann also mit diesem Kommando nicht nur Disketten formatieren, sondern auch kopieren, indem man aus der einen Diskette die Sektoren liest und mit TD_FORMAT diese Daten auf die Ziel-Diskette zurückschreibt. Der Vorteil dieser Methode gegenüber dem Zurückschreiben mit CMD_WRITE ist einfach der, daß die Zieldiskette nicht vorformatiert werden muß!

Wenn Sie allerdings eine ganze Diskette lediglich neu formatieren wollen und nicht das FORMAT-Kommando des CLI verwenden wollen, sollten Sie eines bedenken: Die Daten für die Tracks müssen in einem bestimmten Format vorbereitet sein (s. Disketten-Kapitel), was recht viel Arbeit bedeutet. Der Weg über das TD_FORMAT-Kommando der Device ist daher so mühsam, daß dies nicht sinnvoll erscheint.

Wir wollen uns nun eine Anwendung des Trackdisk-Device ansehen, bei der auch die Kenntnisse der Disketten-Aufteilung angewandt werden können. Das gleich vorgestellte Maschinenprogramm kann als Diagnose-Programm verwendet werden, entweder aus Neugierde oder auch zum Feststellen, welche Dateien bei einem Diskettenfehler verlorengehen oder -gingen.

Das Programm wird vom CLI aus aufgerufen, wobei als Parameter ein Dateiname mit angegeben werden muß. Es errechnet aus diesem Namen die Hash-Nummer (wie versprochen) und gibt diese aus. Danach lädt es den Root-Sektor der Diskette und gibt den Diskettennamen aus. Mit Hilfe der errechneten Hash-Nummer wird nun die Hash-Kette nach dem angegebenen Namen durchsucht. Wird er nicht gefunden bzw. ist der Eintrag in der Hash-Tabelle unbelegt, so wird "-unknown-" ausgegeben und abgebrochen.

Wird der passende File- bzw. Directory-Header gefunden, so wird dessen Block-Nummer sowie die Anzahl der durch diese Datei belegten Datenblocks ausgegeben.

Es werden dann alle diese Datenblocks der Reihe nach geladen und ihre Nummern ausgegeben. Es wäre zwar auch möglich, diese Blocknummern dem File-Header-Block und evtl. dessen Extension-Block zu entnehmen, jedoch wäre dadurch nicht die Sicherheit gegeben, daß diese Blocks auch in Ordnung sind. Sollte der Requester mit der Mitteilung "Disk-Structure Corrupt" auftauchen, können Sie mit diesem Programm Ihre wichtigen Dateien auf Vollständigkeit testen.

Um die Übersichtlichkeit des Programms zu erhalten, ist es allerdings nicht möglich, Dateien aus Unter-Directories zu testen. Dies ist möglich, wenn man das Programm so ändert, daß es die Hash-Tabelle eines Directory-Header-Blocks anstelle des Root-Blocks verwendet.

Hier nun das Programm, in dem einige interessante Funktionen auftauchen, die Sie auch leicht in Ihren eigenen Programmen verwenden können. Das Programm wurde auf dem K-SEKA-Assembler erstellt, eine Anpassung auf einen anderen Assembler ist aber recht einfach.

Bitte beachten Sie bei der Verwendung dieses Programms, daß es nicht im Fast-RAM des Amiga läuft, da es in seinen Datenbereich über das Trackdisk-DMA lädt. Haben Sie also einen Amiga mit Fast-RAM, so starten Sie vorher das NoFastMem-Programm!

```
;*****  File-Tracer 6/87  S.D.  *****

ExecBase   = 4                    ;EXEC-Basisadresse
FindTask   = -294                 ;Task-Struktur suchen
AddPort    = -354                 ;Port erstellen
RemPort    = -360                 ;Port entfernen
OpenLib    = -408                 ;Bibliothek öffnen
CloseLib   = -414                 ;Bibliothek schließen
OpenDev    = -444                 ;Device öffnen
CloseDev   = -450                 ;Device schließen
DoIo       = -456                 ;I/O starten und warten

output     = -60                  ;Standard-Ausgabe ermitteln
write      = -48                  ;Daten ausgeben

run:
  move.l  a0,commpnt
  move.l  d0,commlen
  move.l  execbase,a6
  lea     dosname,a1              ;Name: dos.library
  clr.l   d0
  jsr     openlib(a6)             ;DOS öffnen
  move.l  d0,dosbase
  beq     nodos

  move.l  dosbase,a6
  jsr     output(a6)              ;Standard-Ausgabekanal
  move.l  d0,outbase

  sub.l   #1,commlen              ;Namenslänge korrigieren
  move.l  commpnt,a0              ;* Hash-Wert errechnen *
  move.l  commlen,d0              ;Hash=Länge
  clr.l   d2
  move.l  d0,d1
  subq    #1,d1                   ;Zähler=Länge-1

hashloop:
  mulu    #13,d0                  ;Hash=Hash*13
  move.b  (a0)+,d2
  bsr     upper                   ;Umwandeln in Upper-Case
  add     d2,d0                   ;Hash=Hash+Zeichen
  and     #$7ff,d0                ;AND $7FF
  dbra    d1,hashloop             ;Schleife

  divu    #72,d0
  swap    d0                      ;Hash modulo 72
  addq    #6,d0                   ;+6
  move    d0,hash                 ;Hash errechnet!

  move.l  #hashtxt,d2
  bsr     prtxt                   ;"Hash:" ausgeben
  move    hash,d0
  bsr     phex                    ;Hash-Nummer ausgeben

  move.l  execbase,a6             ;Zeiger auf EXEC-Bibliothek
  sub.l   a1,a1                   ;Eigener Task
  jsr     FindTask(a6)            ;Task suchen
```

```
     move.l  d0,readreply+$10      ;set SigTask

     lea     readreply,a1
     jsr     AddPort(a6)           ;Add Reply-Port

     lea diskio,a1
     clr.l   d0
     clr.l   d1
     lea     trddevice,a0
     jsr     OpenDev(a6)           ;Open trackdisk.device
     tst.l   d0
     bne     error
     move.l  #880,d0               ;Sektor 880 (Root-Sektor)
     bsr     loadsec               ;in Diskpuffer laden

     move.l  #voltxt,d2
     bsr     prtxt                 ;"Volume:" ausgeben
     move.l  dosbase,a6
     move.l  outbase,d1
     move.l  #diskbuff+433,d2      ;Namensadresse
     clr.l   d3
     move.b  diskbuff+432,d3       ;Namenslänge
     jsr     write(a6)             ;Disknamen ausgeben

     lea     diskbuff,a0
     clr.l   d0
     move    hash,d0
     lsl     #2,d0                 ;Hash*4=Sektor-Zeiger
     move.l  0(a0,d0),d0           ;Sektornummer holen
     tst.l   d0 ;Zeiger da?
     beq     none                  ;Nein: Hash-Eintrag unbelegt!
loadloop:
     move.l  d0,sector
     bsr     loadsec               ;Nächsten Sektor laden

     move.l  commpnt,a0
     lea     diskbuff+432,a1       ;Namenslänge aus Header
     move.l  commlen,d0
     cmp.b   (a1)+,d0              ;Stimmt die Länge?
     bne     nextsec               ;Nein

     subq    #1,d0
namelop:
     move.b  (a1)+,d2
     bsr     upper                 ;Zeichen in Upper-Case
     move    d2,d1
     move.b  (a0)+,d2
     bsr     upper                 ;Zeichen in Upper-Case
     cmp.b   d1,d2                 ;Zeichen vergleichen
     bne     nextsec               ;Falsch
     dbra    d0,namelop
     bra     sectorok              ;Name stimmt!

nextsec:
     move.l  diskbuff+496,d0       ;Zeiger auf nächsten Sektor
     tst.l   d0                    ;Ist einer da?
     bne     loadloop              ;Ja: weiter
```

```
none:                                   ;sonst
  move.l  #unknown,d2
  bsr     prtxt                         ;"-unknown-" ausgeben
  bra     ende                          ;und Ende

sectorok:
  move.l  #header,d2
  bsr     prtxt                         ;"Header:" ausgeben
  move.l  sector,d0                     ;Sektor-Header-Nummer
  bsr     phex                          ;ausgeben

  cmp.l   #2,diskbuff+508               ;Dir-Header?
  bne     nodir                         ;Nein
  move.l  #dirtxt,d2
  bsr     prtxt                         ;"Directory" ausgeben
  bra     ende                          ;und Ende

nodir:
  move.l  diskbuff+504,d0               ;Extension
  tst.l   d0                            ;Existent?
  beq     noextens                      ;Nein
  move.l  d0,-(sp)                      ;D0 retten
  move.l  #extxt,d2
  bsr     prtxt                         ;"Extension" ausgeben
  move.l  (sp)+,d0                      ;Sektor-Nr. holen
  bsr     phex                          ;und ausgeben

noextens:
  move.l  #crtxt,d2
  bsr     prtxt                         ;CR ausgeben
  move.l  diskbuff+8,d0
  bsr     phex                          ;Sektor-Anzahl ausgeben
  move.l  #sectxt,d2
  bsr     prtxt                         ;"Sektoren" ausgeben
  clr     counter                       ;Spaltenzähler=0
  bra     seclop1                       ;Sektoren ausgeben

secloop:
  move.l  sector,d0
  bsr     phex                          ;Sektornummer ausgeben
  add     #1,counter                    ;Zähler+1
  cmp     #8,counter                    ;8 Zahlen ausgegeben?
  bne     seclop1                       ;Nein
  clr     counter                       ;Sonst Zähler löschen
  move.l  #crtxt,d2
  bsr     prtxt                         ;und CR ausgeben
seclop1:
  move.l  diskbuff+16,d0                ;Nächster Sektor
  tst.l   d0                            ;vorhanden?
  beq     ende                          ;Nein: fertig
  move.l  d0,sector
  bsr     loadsec                       ;Nächsten Sektor laden
  bra     secloop                       ;usw...

ende:
  move.l  #crtxt,d2
  bsr     prtxt                         ;CR ausgeben
```

```
   move.l  execbase,a6
   lea     readreply,a1
   jsr     RemPort(a6)         ;Remove Port
   lea     diskio,a1
   jsr     closedev(a6)        ;Close Trackdisk-Device
error:
   move.l  dosbase,a1
   jsr     closelib(a6)        ;Close DOS
nodos:
   rts                         ;Ende

loadsec:                       ;Sektor D0 laden
   lea     diskio,a1
   move.l  #readreply,14(a1)   ;set Reply-Port
   move    #2,28(a1)           ;Command: READ
   move.l  #diskbuff,40(a1)    ;Puffer
   move.l  #512,36(a1)         ;Länge: 1 Sektor
   mulu    #512,d0
   move.l  d0,44(a1)           ;Offset: Sektornummer*512
   move.l  execbase,a6
   jsr     DoIo(a6)            ;Sektor lesen

   lea     diskio,a1
   move    #9,28(a1)           ;TD_MOTOR
   move.l  #0,36(a1)           ;Motor aus
   jsr     DoIo(a6)
   rts

phex:                          ;D0 sedezimal ausgeben
   lea     outpuff,a0
   move    d0,d2
   move    #3,d3               ;4 Ziffern
niblop:
   rol     #4,d2               ;Linkes Nibble nach unten
   move    d2,d1
   and     #$f,d1              ;Ausmaskieren
   add     #$30,d1             ;Zu ASCII machen
   cmp     #'9',d1             ;Ziffer?
   bls     nibok               ;Ja
   add     #7,d1               ;Sonst korrigieren
nibok:
   move.b  d1,(a0)+            ;Zeichen in Ausgabepuffer
   dbra    d3,niblop           ;Schleife fortführen
   move.b  #$20,(a0)           ;Leerzeichen ans Ende

   move.l  dosbase,a6
   move.l  outbase,d1
   move.l  #outpuff,d2         ;Ausgabepuffer
   move.l  #5,d3               ;5 Zeichen
   jmp     Write(a6)           ;ausgeben

prtxt:                         ;Text ab (D2) ausgeben
   move.l  dosbase,a6
   move.l  outbase,d1
   move.l  #12,d3              ;12 Zeichen Länge
   jmp     Write(a6)           ;Text ausgeben
```

```
upper:                                  ;D2 umwandeln in Upper-Case
  cmp.b    #'a',d2                      ;Zeichen <'a'?
  blo      upperx                       ;Ja: so lassen
  cmp.b    #'z',d2                      ;Zeichen >'z'?
  bhi      upperx                       ;Ja: so lassen
  sub      #$20,d2                      ;Sonst korrigieren
upperx:
  rts                                   ;Fertig

trddevice:  dc.b 'trackdisk.device',0
dosname:    dc.b 'dos.library',0

hashtxt:    dc.b $a,'Hashnum:   '
voltxt:     c.b $a,'Volume:    '
unknown:    c.b $a,'-unknown-'
header:     c.b $a,'Header:    '
extxt:      c.b $a,'Extension: '
dirtxt:     c.b $a,'Directory ',$a
sectxt:     c.b 'Sektoren: ',$a
crtxt:      c.b '          ',$a

data

even
outpuff:    blk.b 6                 ;Puffer für Hexzahlen-Ausgabe
sector:     blk.l 1                 ;Sektor-Zwischenspeicher
counter:    blk.w 1                 ;Zähler für Ausgabeformatierung
dosbase:    blk.l 1                 ;DOS-Basisadresse
outbase:    blk.l 1                 ;Standard-Ausgabe-Handle
hash:       blk.w 1                 ;Hash-Nummer
commpnt:    blk.l 1                 ;Zeiger auf Eingabezeile
commlen:    blk.l 1                 ;Länge der Eingabezeile

diskio:                             ;Disk-I/O-Struktur
message:    blk.b 20,0
io:         blk.b 12,0
ioreq:      blk.b 16,0

readreply:  blk.l 8,0
diskbuff:   blk.b 512,0
```

Auf diese Weise läßt sich auch ein Programm schreiben, das eine Datei von der Diskette lädt, ohne dabei das DOS zu bemühen. Es müssen dann nur die eigentlichen Daten aus den Datenblocks in den Speicher kopiert werden.

3.7.2 Consol-Device: Editor-Fenster

Dieses Device, mit dem Fenster für Tastaturein- und -ausgaben vorbereitet und bearbeitet werden können, fällt ein wenig aus dem Rahmen der Standard-Devices. Es kann nämlich nicht so einfach für sich geöffnet und verwendet werden, sondern muß in Verbindung mit ei-

nem Fenster stehen. Dieses Fenster dient dann für die Ein- und Ausgaben der Console-Device.

Bevor also das Device selbst geöffnet werden kann, müssen wir erst einmal ein Fenster öffnen. Dafür müssen wir die Intuition-Bibliothek öffnen, einen Screen und dann das Fenster öffnen. Den dadurch erhaltenen Zeiger auf die Fenster-Struktur übergeben wir dann beim Öffnen der Console-Device.

Wir erhalten somit also ein Fenster auf einem eigenen Screen, in dem ein Cursor in der linken oberen Ecke zu sehen ist. Dieser Cursor hat allerdings noch keine Funktion, wir müssen die Tastatur-Eingabe und die Ausgabe der Zeichen in das Fenster erst einmal programmieren.

Wir benötigen also zwei I/O-Strukturen, eine für die Eingaben und eine für die Ausgaben. Dazu gehören natürlich auch zwei Message-Ports, damit das Device auch erfährt, wohin bzw. woher die Daten kommen sollen.

Bevor wir nun mit der doch recht trockenen Theorie fortfahren, sollten Sie sich erst einmal das folgende Programm ansehen, das die oben beschriebenen Schritte vornimmt. Es öffnet einen Screen und ein Fenster, in dem dann über die Consol-Device Ein- und Ausgaben laufen. Dabei werden lediglich die über die Tastatur eingegebenen Zeichen im Fenster wieder ausgegeben, wobei Return und Backspace speziell behandelt werden. Wird die Close-Box des Fensters mit der Maus angeklickt, so wird das Programm beendet. Weitere Aktionen mit der Maus können zusätzlich ausgewertet werden, die entsprechende Erkennung eines Maus-Klicks ist vorbereitet.

Hier das Programm:

```
;** Demo-Programm zur Console-Device  6/87  S.D. **

openlib         = -408          ;Library öffnen
closelib        = -414          ;Library schließen
AddPort         = -354          ;Port erstellen
RemPort         = -360          ;Port entfernen
OpenDev         = -444          ;Device öffnen
CloseDev        = -450          ;Device schließen
execbase        = 4             ;EXEC-Basisadresse
GetMsg          = -372          ;Message holen
FindTask        = -294          ;Task ermitteln
DoIo            = -456          ;I/O ausführen
SendIo          = -462          ;I/O starten
;    ** Intuition-Funktionen **
```

```
openscreen      = -198             ;Screen öffnen
closescreen     = -66              ;Screen schließen
openwindow      = -204             ;Fenster öffnen
closewindow     = -72              ;Fenster schließen

run:
  bsr     openint                  ;Intuition öffnen
  bsr     scropen                  ;Screen öffnen
  bsr     windopen                 ;Fenster öffnen

  move.l  execbase,a6              ;Zeiger auf EXEC-Bibliothek

  sub.l   a1,a1                    ;Eigener Task
  jsr     FindTask(a6)             ;Task suchen
  move.l  d0,readreply+$10         ;SigTask setzen
  lea     readreply,a1
  jsr     AddPort(a6)              ;Add Read-Reply-Port

  lea     writerep,a1
  jsr     AddPort(a6)              ;Add Write-Reply-Port

  lea     readio,a1
  move.l  windowhd,readio+$28      ;Unser Window
  move.l  #48,readio+$24           ;Länge der Struktur
  clr.l   d0
  clr.l   d1
  lea     devicename,a0
  jsr     OpenDev(a6)                   ;Open Consol-Device
  tst.l   d0
  bne     error

  move.l  readio+$14,writeio+$14        ;DEVICE und
  move.l  readio+$18,writeio+$18        ;UNIT kopieren

go:
  bsr     queueread                     ;Eingabe anwerfen

loop:                              ;* Ereignisse auswerten *
  move.l  execbase,a6
  move.l  windowhd,a0
  move.l  86(a0),a0                ;Fenster-User-Port
  jsr     GetMsg(a6)
  tst.l   d0
  bne     wevent                   ;Fenster-Ereignis

  lea     readreply,a0
  jsr     GetMsg(a6)               ;Console-Ereignis (Taste)?
  tst.l   d0
  beq     loop                     ;Kein Ereignis

cevent:                            ;* Taste verarbeiten *
  bsr     conout                   ;Zeichen ausgeben
  cmp.b   #$d,buffer               ;Return?
  bne     no1                      ;Nein
  move.b  #$a,buffer               ;Sonst LF ausgeben
```

```
    bsr     conout

 no1:
    cmp.b   #$8,buffer          ;Backspace?
    bne     no2
    move.b  #' ',buffer         ;Sonst Zeichen löschen
    bsr     conout
    move.b  #8,buffer
    bsr     conout              ;und wieder zurück

 no2:
    bra     go                  ;und so weiter

 wevent:                        ;* Fenster-Ereignis auswerten *
    move.l  d0,a0
    move.l  $16(a0),d6          ;Message in D6
    cmp.l   #$2000000,d6        ;Window-Close?
    beq     ende                ;Ja: Ende

 ;* Hier kann eine weitere Auswertung stattfinden: *

    move.l  windowhd,a0
    move.l  12(a0),d5           ;Mausposition in D5

 ;* z.B. Cursor setzen auf Maus-Position... *

 ende:                          ;* Programmende: alles schließen *
    lea     readreply,a1
    jsr     RemPort(a6)         ;Remove Port
    lea     readio,a1
    jsr     closedev(a6)        ;Close Device
    lea     writerep,a1
    jsr     RemPort(a6)         ;Remove Port
 error:
    bsr     windclose           ;Fenster schließen
    bsr     scrclose            ;Screen schließen
    bsr     closeint            ;Intuition schließen

    rts                         ;* ENDE *


 ;** Unter-Routinen **

 queueread:                     ;* Consol-Eingabe starten *
    move.l  execbase,a6
    lea     readio,a1
    move    #2,28(a1)           ;Command: READ
    move.l  #buffer,40(a1)      ;Puffer
    move.l  #1,36(a1)           ;Länge:
    move.l  #readreply,14(a1)   ;set Reply-Port
    jsr     sendIo(a6)          ;Funktion auslösen
    rts

 conout:                        ;* 1 Zeichen ausgeben *
    move.l  execbase,a6
    lea     writeio,a1
```

```
  move     #3,28(a1)          ;Command: WRITE
  move.l   #buffer,40(a1)     ;Puffer
  move.l   #1,36(a1)          ;Länge:
  move.l   #writerep,14(a1)   ;set Reply-Port
  jsr      DoIo(a6)           ;Funktion ausführen
  rts

openint:                      ;* Intuition öffnen *
  move.l   execbase,a6
  lea      intname,a1         ;Library-Name
  jsr      openlib(a6)
  move.l   d0,intbase
  rts

closeint:                     ;* Intuition schließen *
  move.l   execbase,a6
  move.l   intbase,a1
  jsr      closelib(a6)
  rts

scropen:                      ;* Screen öffnen *
  move.l   intbase,a6
  lea      screen_defs,a0
  jsr      openscreen(a6)
  move.l   d0,screenhd
  rts

scrclose:                     ;* Screen schließen *
  move.l   intbase,a6
  move.l   screenhd,a0
  jsr      closescreen(a6)
  rts

windopen:                     ;* Fenster öffnen *
  move.l   intbase,a6
  lea      windowdef,a0
  jsr      openwindow(a6)
  move.l   d0,windowhd
  rts

windclose:                    ;* Fenster schließen *
  move.l   intbase,a6
  move.l   windowhd,a0
  jsr      closewindow(a6)
  rts

screen_defs:                  ;* Screen-Struktur *
  dc.w 0,0                    ;Position
  dc.w 640,200                ;Größe
  dc.w 4                      ;Bit-Maps
  dc.b 0,1                    ;Farben
  dc.w $800                   ;Modus
  dc.w 15                     ;Typ
  dc.l 0                      ;Standard-Zeichensatz
  dc.l titel                  ;Screen-Titel
  dc.l 0                      ;Standard-Titel
  dc.l 0                      ;Keine Gadgets
```

```
windowdef:                       ;* Fenster-Struktur *
  dc.w 10,20                     ;Position
  dc.w 300,150                   ;Größe
  dc.b 0,1                       ;Farben
  dc.l $208                      ;IDCMP-Flags
  dc.l $100f                     ;Window-Flags
  dc.l 0                         ;Keine Gadgets
  dc.l 0                         ;Keine Menu-Checks
  dc.l windname                  ;Fenstername
screenhd: dc.l 0                 ;Screen-Struktur-Zeiger
  dc.l 0                         ;Keine Bit-Map
  dc.w 100,50                    ;Mindestgröße
  dc.w 300,200                   ;Höchstgröße
  dc.w $f                        ;Screen-Typ
titel:      dc.b "Editor-Screen",0
windname:   dc.b "Console-Fenster",0
intname:    dc.b "intuition.library",0
devicename: dc.b 'console.device',0
even
windowhd:   blk.l 1
intbase:    blk.l 1
conbase:    blk.l 1

readio:
message:    blk.b 20,0
io:         blk.b 12,0
ioreq:      blk.b 16,0

writeio:
            blk.b 20,0
            blk.b 12,0
            blk.b 16,0

readreply:  blk.l 8,0
writerep:   blk.l 8,0
buffer:     blk.b 80,0
```

Die Sequenzen, die diverse Funktionen im Fenster auslösen können, sind dieselben wie bei den mittels des DOS geöffneten RAW:- bzw. CON:-Fenstern.

3.7.3 Narrator-Device: Sprachausgabe

Der Narrator, was auf englisch soviel wie Erzähler heißt, ermöglicht dem Amiga, sich verbal auszudrücken, sprich zu reden. Dies ist sicher ein sehr interessanter Punkt, mit dem man seine Programme buchstäblich ansprechender gestalten kann.

Der Narrator ist ein Programmpaket, das als Device aufgebaut ist. Man kann so einen Text sprachlich ausgeben lassen und währenddes-

sen weiterarbeiten. Die Extended-I/O-Struktur der Narrator-Device ist folgendermaßen aufgebaut:

Wort	Name	Bedeutung
0	RATE	Sprechgeschwindigkeit Worte/Minute.
1	PITCH	Sprachgrundfrequenz in Hertz.
2	MODE	Modus (0 = mit, 1 = ohne Betonung).
3	SEX	Geschlecht (0 = männl., 1 = weibl.).
4	CHMASKS	Zeiger auf Kanal-Maskenfeld.
6	NUMMASKS	Anzahl der Kanal-Masken.
7	VOLUME	Lautstärke
8	SAMPFREQ	Abtastrate
9	MOUTHS	Munderzeugungs-Flag (Byte)
	CHANMASK	Akt. Kanal (nur interne Bedeutung).

Die Programmierung der Narrator-Device ist so ähnlich wie die der anderen Devices. Was jedoch dazukommt, ist die Verwendung des Translators, der einen normalen Text in die Lautschrift für den Narrator übersetzt. Dieser Translator ist kein Device, sondern eine Bibliothek, die nur eine einzige Funktion enthält.

Hier ein Maschinen-Programm, das einen Beispieltext ausgibt. Mit diesem Programm können Sie schön experimentieren, da Sie die Parameter beliebig ändern und das Ergebnis testen können. Vorteilhaft ist hier ebenfalls die Verwendung eines Assemblers mit eingebautem Debugger wie dem Profimat oder dem K-SEKA, auf dem dieses Programm geschrieben wurde.

```
;*****  Narrator-Demo  6/87  S.D.  *****

   ExecBase      =4             ;EXEC-Basisadresse
   FindTask      =-294          ;Find Task
   AddPort       =-354          ;Add Port
   RemPort       =-360          ;Remove Port
   OpenLib       =-408          ;Open Library
   closelib      =-414          ;Close Library
   OpenDev       =-444          ;Open Device
   CloseDev      =-450          ;Close Device
   DoIo          =-456          ;Do I/O
   SendIo        = -462         ;Send I/O
   Translate     =-30           ;Translate Text

   run:                         ;** System initialisieren und öffnen **
     move.l  execbase,a6
     lea     transname,a1
     clr.l   d0
     jsr     openlib(a6)        ;Open Translator-Library
     move.l  d0,tranbase
     beq     error

     sub.l   a1,a1              ;Task-Nummer = 0: eigener Task
```

```
        jsr     FindTask(a6)            ;Find Task

        move.l  d0,writerep+$10         ;set SigTask

        lea     writerep,a1
        jsr     addport(a6)             ;Add Reply-Port

        lea     talkio,a1
        clr.l   d0
        clr.l   d1
        lea     nardevice,a0
        jsr     opendev(a6)             ;Open Narrator.device
        tst.l   d0
        bne     error

        lea     talkio,a1
        move.l  #writerep,14(a1)        ;set Reply-Port (*)
        move    #150,48(a1)             ;Rate (40-400)
        move    #110,50(a1)             ;Pitch (65-320)
        move    #0,52(a1)               ;Mode: mit Betonung (0/1)
        move    #0,54(a1)               ;Geschlecht: männlich (0/1)
        move.l  #amaps,56(a1)           ;Masks (*)
        move    #4,60(a1)               ;4 Masken (*)
        move    #64,62(a1)              ;Lautstärke (0-64)
        move    #22200,64(a1)           ;Abtastrate (5000-28000)

sayit:                                  ;** Text übersetzen und sagen **
        lea     intext,a0               ;Original-Text
        move.l  #outtext-intext,d0      ;Dessen Länge
        lea     outtext,a1              ;Puffer für Übersetzung
        move.l  #512,d1                 ;Dessen Länge
        move.l  tranbase,a6
        jsr     Translate(a6)           ;Text übersetzen

        lea     talkio,a1
        move    #3,28(a1)               ;Command: Write
        move.l  #512,36(a1)             ;Length
        move.l  #outtext,40(a1)         ;Buffer
        move.l  execbase,a6
        jsr     DoIo(a6)                ;Say it!!

qu:                                     ;** Ende **
        lea writerep,a1
        jsr RemPort(a6)                 ;Remove Port

        lea talkio,a1
        jsr closedev(a6)                ;Close Narrator

        move.l tranbase,a1
        jsr     closelib(a6)            ;Close Translator-Lib

        clr.l   d0
error:
        rts

transname: dc.b 'translator.library',0
nardevice: dc.b 'narrator.device',0
amaps:     dc.b 3,5,10,12
```

```
intext:    dc.b 'hello, i am the amiga computer.',0
even
outtext:   blk.l 128,0
tranbase:  blk.l 1,0
narread:   blk.l 20,0
talkio:    blk.l 20,0
writerep:  blk.l 8,0
```

In der Vorbereitung des I/O-Bereiches für die verschiedenen Modi bzw. Raten sind nur die Werte, die im obigen Listing mit einem Sternchen versehen sind, unbedingt einzutragen. Alle anderen werden automatisch auf die Standardwerte gesetzt (Default). Diese Werte sind auch im Programm vorgegeben, sie können in den in Klammern angegebenen Grenzen variiert werden.

Das Narrator-Device bietet zusätzlich die Möglichkeit, während der Sprachausgabe Daten an das aufrufende Programm zu übertragen. Dies ist natürlich nur dann möglich, wenn die Sprachausgabe nicht mit DoIo(), sondern mit SendIo() gestartet wird, damit auch während der laufenden Sprachausgabe die Daten empfangen werden können.

Die so empfangenen Daten stellen ein Bit-Muster dar, das auf dem Bildschirm ausgegeben einen Mund darstellt, der den gerade gesprochenen Lauten entspricht. Diese Möglichkeit soll hier aber nicht näher erläutert werden, da dies mit Grafikausgaben verbunden ist, die ja in ein Grafikbuch gehören. Es sei nur erwähnt, daß diese Grafik recht primitiv ist, da sie den sprechenden Mund nur als entsprechend hohes Parallelogramm darstellt. Die Breite und Höhe dieser Form bekommt man vom Device in der Erweiterung der Read-Request-I/O-Struktur.

Diese Erweiterung hat folgenden Aufbau:

Offset	Name	Inhalt
48	MRB_WIDTH	Breite der "Mundform".
49	MRB_HEIGHT	Höhe.
50	MRB_SHAPE	internes Daten-Byte.
51	MRB_PAD	Füll-Byte für gerade Adresse.

Die I/O-Funktion kann auch schiefgehen. Die sich ergebenden Fehlermeldungen können folgende Werte annehmen:

Narrator-Fehlermeldungen

Nummer	Bedeutung
-2	Nicht genug Speicher.
-3	Audio-Device nicht vorhanden.
-4	Library nicht erstellbar.

-5	Falsche Unit-Nummer in der I/O-Struktur (nur 0).
-6	Keine Audio-Kanäle verfügbar.
-7	Unbekanntes Kommando.
-8	Mund-Daten gelesen, aber nicht geschrieben.
-9	Kein Öffnen möglich.
-20	Lautschrift unaussprechlich.
-21	Ungültige Rate.
-22	Ungültiges Pitch.
-23	Ungültiges Geschlecht.
-24	Ungültiger Modus.
-25	Ungültige Abtastrate.
-26	Ungültige Lautstärke.

3.7.4 Serial-Device: Die RS232-Schnittstelle

Dieses Device ist für die serielle Kommunikation mit der Außenwelt zuständig. Auch diese Ein- und Ausgaben über den seriellen Port des Amiga lassen sich mit normalen DOS-Funktionen realisieren, wenn man als Dateinamen SER: angibt. Diese Methode hat jedoch einige große Nachteile.

Der übliche Nachteil der DOS-Verwendung ist bekanntlich der, daß die Ein-/Ausgaben nicht im Hintergrund laufen und man somit auf deren Beendigung warten muß. Dies läßt sich bei Device-Programmierung mittels der SendIo()-Funktion vermeiden.

Ein weiterer Nachteil, der gerade in diesem Fall auftritt, besteht darin, daß man die seriellen Parameter wie z.B. die Übertragungsrate vorher mit dem Preferences-Programm eingestellt haben muß.

Das Serial-Device bietet hierfür eine eigene Funktion, mit der alle Parameter eingestellt werden können. Für diese und die anderen Funktionen steht wieder eine erweiterte I/O-Struktur zur Verfügung, die folgende Einträge besitzt (Standard-Werte in Klammern):

Offset	IO_Name	Inhalt
0	CTLCHAR	Kontrollzeichen: xON, xOFF, frei, frei ($11130000).
4	RBUFLEN	Eingabepuffer-Länge ($200).
8	WBUFLEN	Ausgabepuffer-Länge ($200).
12	BAUD	Baudrate (9600).
16	BRKTIME	Break-Länge in Mikrosekunden (250000).
20	TERMARRAY	Abbruchzeichenfeld (8 Bytes).
28	READLEN	Bits pro Zeichen beim Lesen (8).
29	WRITELEN	Bits pro Zeichen beim Senden (8).
30	STOPBITS	Anzahl der Stopp-Bits (1).
31	SERFLAGS	Seriell-Flags (s.u.) ($20).
32	STATUS	Statuswort

Die Bits des zurückgegebenen Statuswortes sind folgende:

Bit	Wenn	Dann
0	0	Busy, Übertragung läuft.
1	0	Paper out, Empfänger nicht bereit
2	0	Select, angewählt.
3	0	Data Set Ready (DSR).
4	0	Clear To Send (CTS).
5	0	Carrier Detect (CD).
6	0	Ready To Send (RTS).
7	0	Data Terminal Ready (DTR).
8	1	Read overrun, Puffer-Überlauf.
9	1	Break sent, Break gesendet.
10	1	Break received, Break empfangen.
11	1	Transmit x-OFFed, xOFF gesendet.
12	1	Receive x-OFFed, xOFF empfangen.
13-15		Reserviert.

Die Bits des Flags in IO_SERFLAGS haben folgende Bedeutungen:

Bit	Name	Bedeutung, wenn gesetzt
0	PARITY_ON	Parity-Bit gewünscht.
1	PARITY_ODD	Ungerade Parity.
2		Unbenutzt.
3	QUEUEDBRK	Break im Hintergrund.
4	RAD_BOOGIE	Hochgeschwindigkeitsmodus ein.
5	SHARED	Allgemeiner Zugriff ermöglicht.
6	EOFMODE	EOF-Erkennung eingeschaltet.
7	XDISABLED	xON/xOFF ausgeschaltet.

Serial-Device besitzt außer den Standard-Kommandos noch drei zusätzliche:

Zahl	SDCMD_Name	Funktion
9	QUERY	
10	BREAK	Break senden.
11	SEPARAMS	Parameter einstellen.

Um vor allem das letzte dieser Kommandos, SDCMD_SETPARAMS, zu demonstrieren, folgt nun wieder ein Beispielprogramm. In diesem Programm wird die Baudrate auf 1200 eingestellt und dann der berühmte Text "Hello, world!" gesendet.

```
;***** Serial-Device-Demonstration 6/87 S.D. *****

ExecBase    = 4             ;EXEC-Basisadresse
FindTask    = -294          ;Task-Struktur suchen
```

```
AddPort      = -354               ;Port erstellen
RemPort      = -360               ;Port entfernen
OpenLib      = -408               ;Bibliothek öffnen
CloseLib     = -414               ;Bibliothek schließen
OpenDev      = -444               ;Device öffnen
CloseDev     = -450               ;Device schließen
DoIo         =-456                ;I/O starten und warten

output       = -60                ;Standard-Ausgabe ermitteln
write        = -48                ;Daten ausgeben


run:
  move.l  execbase,a6             ;Zeiger auf EXEC-Bibliothek
  sub.l   a1,a1                   ;Eigener Task
  jsr     FindTask(a6)            ;Task suchen
  move.l  d0,reply+$10            ;SigTask setzen

  lea     reply,a1
  jsr     AddPort(a6)             ;Reply-Port erstellen

  lea     devio,a1                ;Zeiger auf I/O-Struktur

  clr.l   d0
  clr.l   d1
  lea     devicename,a0
  jsr     OpenDev(a6)             ;Serial-Device öffnen
  tst.l   d0                      ;OK?
  bne     error                   ;Nein: Ende

  lea     devio,a1                ;Zeiger auf I/O-Struktur
  move.l  #reply,14(a1)           ;set Reply-Port

  move    #11,28(a1)              ;Command: SETPARAMS
  move.l  #1200,ioextd+12         ;1200 Baud
  jsr     DoIo(a6)                ;Parameter setzen

  move    #3,28(a1)               ;Command: WRITE
  move.l  #text,40(a1)            ;Puffer
  move.l  #textl,36(a1)           ;Länge:
  jsr     DoIo(a6)                ;Text senden

  lea     reply,a1
  jsr     RemPort(a6)             ;Remove Port

  lea     devio,a1
  jsr     CloseDev(a6)            ;Close Device

error:
  rts                             ;Ende

devicename:  dc.b 'serial.device',0
text:        dc.b 'hello, world!'
textl     = *-text
even
devio:
message: blk.w 10,0
io:      blk.w  6,0
```

```
ioreq:  blk.w  8,0
ioextd: blk.w 17,0
reply:  blk.w  8,0
```

Auf diese Weise können natürlich auch mehr Parameter der RS232-Schnittstelle eingestellt werden.

3.7.5 Printer-Device: Drucker-Programmierung

Auch der Drucker läßt sich noch auf andere Weise als über den Kanal PRT: ansprechen. Dafür dient das Printer-Device, das außer dem normalen Druckbetrieb noch eine weitere interessante Fähigkeit besitzt, nämlich die Ausgabe eines Fenster- oder Screen-Inhaltes auf dem Drucker.

Für den normalen Drucker-Betrieb wird folgende I/O-Struktur-Erweiterung mit dem Namen IOPrtCmdReq benötigt:

Offset	Name	Inhalt
32	io_PrtCommand	Druckerbefehl
34	io_Param0	Kommando-Parameter
35	io_Param1	Kommando-Parameter
36	io_Param2	Kommando-Parameter
37	io_Param3	Kommando-Parameter

Hier werden die Steuer-Kommandos an den Drucker übergeben, die Schriftarten etc. einstellen. Dies wird über den PRTCOMMAND-Befehl ausgegeben.

Die möglichen Kommandos, die bei diesem Device zu den Standard-Kommandos beigefügt sind, sind folgende:

Wert	Name	Funktion
9	PRD_RAWWRITE	Ausdrucken ohne Konvertierung von Steuerzeichen.
10	PRD_PRTCOMMAND	Druckerkommando senden.
11	PRD_DUMPRPORT	Ausdruck eines Screen- oder Fenster-Inhalts.

Wird nicht RAWWRITE verwendet, sondern werden die Daten über die normale WRITE-Funktion ausgegeben, so werden die Amiga-Standard-Steuerzeichen je nach installiertem Drucker in die druckerspezifischen Steuerzeichen umgewandelt. Dadurch kann ein und dasselbe Programm seine Ausgaben egal welcher Form auf jeden beliebigen Drucker senden, ohne daß es über die Eigenarten dieses Druckers Bescheid wissen muß.

Das Kommando DUMPRPORT bietet, wie bereits erwähnt, die Möglichkeit, den Inhalt eines Fensters oder Screens auf dem Drucker auszugeben. Die hierfür notwendige Zusatz-I/O-Struktur mit dem Namen IODRPReq ist folgendermaßen aufgebaut:

Offset	Name	Inhalt
32	RastPort	Zeiger auf auszugebenden RastPort.
36	ColorMap	Zeiger auf die Farbtabelle.
40	Modes	Graphik-Modus des View-Port.
44	SrcX	X-Position des Fensters/Screens.
46	SrcY	Y-Position
48	SrcWidth	Fenster-/Screen-Breite.
50	SrcHeight	-Höhe
52	DestCols	Zielbreite
56	DestRows	Zielhöhe
60	Special	Flags für Sonderfunktionen.

3.7.6 Parallel-Device: Digital-Ein-/-Ausgaben

Am Anschluß, an dem normalerweise der Drucker hängt, können auch andere Geräte angeschlossen werden, wenn sie über die entsprechenden elektrischen Eigenschaften verfügen. Es lassen sich dann digitale Daten sowohl ein- als auch ausgeben. Dabei hat man zusätzlich die Möglichkeit, einzelne Bits der 8 Datenleitungen als Eingang und die anderen als Ausgang zu programmieren. Dies ist nur durch die direkte Programmierung des Hardware-Registers $BFE301 möglich.

Bleiben wir daher bei der Programmierung des gesamten Ports als Ein- oder Ausgang. Auch hierfür gibt es ein Device: das Parallel-Device. Für die Verwendung dieses Device muß wieder zusätzlich zu der normalen I/O-Struktur eine Erweiterung vorgenommen werden. Diese Erweiterung hat folgenden Aufbau:

Offset	Name	Inhalt
48	PWBufLen	Länge des Ausgabepuffers
52	ParStatus	Status der Device
53	ParFlags	Parallel-Flags
54 -61	PTermArray	Abbruch-Maske

Das Status-Byte enthält folgende Status-Bits:

Bit	Name	Bedeutung, wenn gesetzt:
0	PSEL	Drucker angewählt.
1	PAPEROUT	Papier alle.
2	PBUSY	Drucker beschäftigt.

3	RWDIR	Datenrichtung (0 = lesen, 1 = schreiben).

Die Parallel-Flags stellen folgende Bits dar:

Bit	Name	Bedeutung, wenn gesetzt:
1	EOFMODE	EOF-Modus eingeschaltet.
5	SHARED	Zugriff auch für andere Tasks möglich.

Wenn aus dem Parallel-Port gelesen wird, stellt sich wieder einmal die Frage, woran der Empfänger das Ende der Übertragung erkennen soll. Dafür gibt es hier die Möglichkeit, bei einer bestimmte Byte-Sequenz den Empfang abbrechen zu lassen. Diese Sequenz wird in den zwei Langworten des TermArray eingetragen. Aktiviert wird diese Abbruch-Sequenz, wenn Bit 1 des Flags-Bytes gesetzt wird (EOFMODE) und dann das SETPARAMS-Kommando (10) aufgerufen wird.

3.7.7 Game-Port-Device: Maus und Joystick

Mit diesem Device werden alle Eingaben aus den beiden Ports bearbeitet, die von einer Maus oder von einem Joystick kommen. Die I/O-Struktur dieses Device benötigt keine Erweiterung, jedoch werden zwei weitere Strukturen verwendet.

Eine dieser Strukturen ist die Event-Struktur, die bereits im Kapitel über die RAW:-Fenster vorgestellt wurde. Diese Struktur namens InputEvent hat folgenden Aufbau:

Offset	Name	Inhalt
0	NextEvent	Evtl. Zeiger auf die folgende Struktur.
4	Class	Ereignis-Klasse
5	SubClass	Evtl. Unterklasse des Ereignisses.
6	Code	Ereignis-Code
8	Qualifier	Ereignis-Typ
10	X	X-Position
12	Y	Y-Position, meist relativ.
14	TimeStamp:	
	Sekunden	
	Mikrosekunden	

Die andere Struktur ist für die Einstellung des Ereignisses nötig, das die Übergabe der Parameter in der Event-Struktur auslöst. Dies kann das Drücken oder Loslassen eines Knopfes oder die horizontale bzw. vertikale Bewegung der Maus oder des Joysticks sein. Der gewünschte Wert ist dafür in das entsprechende Wort der folgenden Struktur namens GamePortTrigger einzutragen:

Offset	Name	Inhalt
0	Keys	Tastenänderung: Bit 0: Taste gedrückt Bit 1: Taste losgelassen
2	Timeout	Abbruch bei Ablauf dieser Anzahl von 1/50 Sekunden
4	XDelta	Horizontale Bewegung.
6	YDelta	Vertikale Bewegung.

Will man also 10 Sekunden darauf warten, daß ein so überwachter Joystick horizontal bewegt wird oder seine Taste gedrückt wird, so schreibt man in Keys eine 1 (Taste drücken), in Timeout eine 500 (500/50=10 Sekunden) und in XDelta eine 1.

Bevor man nun diese Überwachung starten kann, muß man natürlich einige Vorbereitungen treffen. Zuerst muß das Game-Port-Device geöffnet werden, dann muß der Port, in dem der Joystick steckt, als Joystick-Port angemeldet und schließlich auf das gewählte Ereignis gewartet werden.

Die Kommandos dieses Device sind die folgenden:

Kommando	Name	Bedeutung
9	READEVENT	Überwachung starten.
10	ASKCTYPE	Port-Typ abfragen.
11	SETCTYPE	Port-Typ setzen.
12	ASKTRIGGER	Auslösungsereignisse ermitteln.
13	SETTRIGGER	Auslösungsereignisse setzen.

Die möglichen Port-Typen, welche mit SETCTYPE eingestellt werden können, sind:

Nummer	Name	Bedeutung
0	NOCONTROLLER	Abmelden des Ports.
1	MOUSE	Maus-Port.
2	RELJOYSTICK	Port für relative Joysticks.
3	ABSJOYSTICK	Port für absolute Joysticks.

zusätzlich gibt es noch den Typ

-1 ALLOCATED

der bei ASKCTYPE erscheinen kann, der Port ist dann bereits von einer anderen Task belegt.

Der Unterschied zwischen einem relativen und absoluten Joystick ist der, daß der X- bzw. Y-Wert eines relativen Joysticks beim Festhalten in einer Richtung ständig hoch- bzw. runtergezählt wird, beim absoluten Joystick gibt es nur eine Positionswertänderung pro Bewegung.

Um die Programmierung des Game-Port-Device zu demonstrieren, folgt nun ein Maschinenprogramm, das einen im rechten Port eingesetzten Joystick überwacht:

```
;*****  Game-Port-Device-Demo: Joystick  6/87  S.D.  *****

ExecBase  = 4
FindTask  = -294
AddPort   = -354
RemPort   = -360
OpenLib   = -408
CloseLib  = -414
OpenDev   = -444
CloseDev  = -450
DoIo      = -456
SendIo    = -462

run:
  move.l execbase,a6               ;Zeiger auf EXEC-Bibliothek
  sub.l  a1,a1                     ;Eigener Task
  jsr    FindTask(a6)              ;Task suchen
  move.l d0,readreply+$10          ;set SigTask

  lea    readreply,a1
  jsr    AddPort(a6)               ;Add Reply-Port

  lea    devio,a1
  move.l #1,d0                     ;Unit 1: rechter Port
  clr.l  d1
  lea    devicename,a0
  jsr    OpenDev(a6)               ;Game-Port-Device öffnen
  tst.l  d0
  bne    error

;*** Port-Typ setzen ***

  move   #11,28(a1)                ;Command: SETCTYPE
  move.l #Event,40(a1)             ;Puffer
  move.l #1,36(a1)                 ;Länge:
  move.b #3,NextEvent              ;ABSJOYSTICK
  lea    devio,a1
  move.l #readreply,14(a1)         ;set Reply-Port
  move.l execbase,a6
  jsr    DoIo(a6)                  ;Joystick anmelden

;*** Auslösung definieren ***

  move   #13,28(a1)                ;Command: SETTRIGGER
  move.l #trigger,40(a1)           ;Puffer
  move.l #8,36(a1)                 ;Länge

  move   #3,Keys                   ;DOWN & UP
  move   #0,Timeout                ;Timeout
  move   #1,XDelta                 ;XDelta
  move   #1,YDelta                 ;YDelta
```

```
  lea     devio,a1
  move.l #readreply,14(a1)          ;set Reply-Port
  move.l execbase,a6
  jsr     DoIo(a6)                  ;Auslösung setzen

;*** Überwachung starten ***

  move    #9,28(a1)                 ;Command: READEVENT
  move.l #Event,40(a1)              ;Puffer
  move.l #22,36(a1)                 ;Länge: ein Event
  clr.b   30(a1)                    ;Flags

  lea     devio,a1
  move.l #readreply,14(a1)          ;set Reply-Port
  move.l execbase,a6
  jsr     DoIo(a6)                  ;Auf Event warten

;*** Port wieder abmelden ***

  move    #11,28(a1)                ;Command: SETCTYPE
  move.l #Event,40(a1)              ;Puffer
  move.l #1,36(a1)                  ;Länge:
  move.b #0,NextEvent               ;NOCONTROLLER
  lea     devio,a1
  move.l #readreply,14(a1)          ;set Reply-Port
  move.l execbase,a6
  jsr     DoIo(a6)                  ;Joystick abmelden

ende:
  lea     readreply,a1
  jsr     RemPort(a6)               ;Port entfernen

  lea     devio,a1
  jsr     closedev(a6)              ;Device schließen

error:
  rts                               ;* Ende *


devicename: dc.b 'gameport.device',0
even
devio:
message:    blk.b 20,0
io:         blk.b 12,0
ioreq:      blk.b 16,0

readreply:  blk.l 8,0

Event:
NextEvent:  dc.l 0
Class:      dc.b 0
SubClass:   dc.b 0
Code:       dc.w 0
Qualifier:  dc.w 0
ie_X:       dc.w 0
ie_Y:       dc.w 0
TimeStamp:  dc.l 0,0
```

```
Trigger:
Keys:       dc.w 0
Timeout:    dc.w 0
XDelta:     dc.w 0
YDelta:     dc.w 0
```

Normalerweise ist es wohl sinnvoller, die Überwachung mit SendIo() zu starten, da das Programm dann nicht auf die Betätigung des Joysticks warten muß, sondern weiterarbeiten kann. Für dieses Beispiel ist es allerdings empfehlenswert zu warten, da sonst das Device vor dem Ereignis abgemeldet wird, was zu Problemen führen kann.

3.8 Disketten

Der Amiga arbeitet sehr stark diskettenorientiert, d.h. er lädt oft irgend etwas nach. Aus diesem Grunde ist es wichtig, daß die Informationen auf einer Diskette sicher untergebracht und einigermaßen schnell gefunden werden können. Wir wollen uns nun mit der Aufteilung der Disketten und der Interpretation der darauf liegenden Daten beschäftigen.

Die grundlegende Unterteilung einer Diskette sieht so aus:

- Seite bzw. Kopf-Nummer (0 oder 1)
- Spur oder Track oder Zylinder (0 bis 79)
- Sektor (0 - 10)

Jede Amiga-Diskette wird beidseitig bespielt, wodurch zwei Seiten verfügbar sind.

Jede Seite der Diskette ist ihrerseits in 80 Spuren unterteilt, die als konzentrische Ringe um ihren Mittelpunkt angeordnet sind. Die äußerste Spur trägt die Nummer Null, die innerste die Nummer 79. Diese Spuren werden auch als Tracks bezeichnet. Hat man wie bei einer Diskette zwei Seiten im Zugriff, so werden die zwei direkt gegenüberliegenden und somit von den zwei Schreib-/Leseköpfen des Laufwerks gleichzeitig zugegriffenen Tracks als ein Zylinder bezeichnet.

Jede dieser Spuren wird wiederum in 11 Sektoren unterteilt, die auch von 0 an gezählt werden. Diese Sektoren werden auch als Blocks bezeichnet, wobei die Sektoren nur von 0 bis 10, die Blocks jedoch von 0 bis 1759 gezählt werden, da diese die logische Sektornummer der Diskette bezeichnen.

Jeder dieser Sektoren enthält 512 Bytes an verfügbaren Informationen, wodurch jede Diskette 512*11*80*2=901120 Bytes tragen kann. Diese Anzahl ist allerdings nicht vollständig für Ihre Daten verfügbar, da die Verwaltung der Daten ebenfalls einigen Platz benötigt. Beim Fast-Filing-System, das später behandelt wird, werden allerdings alle 512 Bytes für Daten verwendet.

Der erste logische Sektor, also der erste Block auf einer Diskette liegt auf Seite 0, Spur 0, Sektor 0. Der darauffolgende Block ist der nächste Sektor dieser Spur und so weiter. Block 11 ist nun nicht der erste Sektor der zweiten Spur, sondern derjenige der ersten Spur auf der Rückseite (Seite 1) der Diskette. Auf diese Weise wird die Diskette immer abwechselnd oben und unten beschrieben bzw. gelesen.

3.8.1 Der Boot-Vorgang

Der erste Kontakt zur Diskette findet bereits statt, wenn man den Amiga einschaltet. Nachdem einige hardwaremäßige Initialisierungen des Rechners durch das Exec erledigt sind, läuft das Laufwerk 0 an. Was geschieht da?

Egal, ob in diesem Amiga das Kickstart bereits eingebaut ist oder nicht, es wird von der Diskette in diesem Laufwerk etwas geladen. Ist das Kickstart nicht eingebaut, so will der Rechner dies von der Diskette laden, andernfalls sucht er nach einer Workbench-Diskette. Dieser Ladevorgang beim Einschalten des Rechners wird "booten" (sprich: buuten) genannt.

Das erste, was von der eingelegten Diskette geladen wird, sind die Boot-Blöcke, die die ersten beiden Sektoren (0 und 1) der Diskette belegen. Dort findet sich nun die Information darüber, um welchen Disketten-Typ es sich hier handelt. Die möglichen Typen sind:

- Kickstart-Diskette.
- DOS, eventuell ladbare DOS-Diskette (Worbench-Disk).
- Unformatierte bzw. in fremdem Format initialisierte Diskette.

Die ersten vier Bytes des ersten Blocks der Diskette zeigen an, um welchen Typ es sich hier handelt. Dort stehen nämlich entweder die Buchstaben DOS mit abschließender binärer Null oder Eins für eine DOS-Diskette oder KICK für eine Kickstart-Diskette. Steht hier beides nicht, so handelt es sich um eine fremde Diskette (BAD).

Die nun folgenden 4 Bytes stellen als Langwort die Checksumme des Boot-Blocks dar. Ist diese Summe korrekt, so nimmt der Amiga an, daß es sich hier um eine Workbench-Diskette handelt.

Das nächste Langwort enthält die Nummer des Diskettenblocks, der Root-Block genannt wird und normalerweise in Block $370 (880) liegt. Die Bedeutung dieses Blocks folgt gleich, bleiben wir zunächst beim Boot-Block.

Beginnend im 7. Wort liegt hier nun ein Programm. Dieses Programm wird, wenn die Checksumme stimmt, als erstes gestartet. Es bekommt in A6 einen Zeiger auf die EXEC-Basisadresse übergeben und kann so direkt ein EXEC-Kommando ausführen.

Boot-Block *(Sektor 0)*

L-Wort	Name	Inhalt	Bedeutung
0	Disk-Type	DOS, KICK	Diskettentyp in 4 Buchstaben.
1	Checksumme	???	Checksumme des Blocks.
2	Rootblock	$370	Blocknummer des Root-Blocks.
3-127		Daten	Boot-Programm.

Das Programm, das üblicherweise dort liegt, testet mittels des FindResident()-Kommandos des EXEC, ob die DOS-Bibliothek resident vorliegt. Ist dies nicht der Fall, so wird im Register D0 der Wert -1 übergeben. Wenn doch, so wird in D0 eine Null und in A0 ein Zeiger auf die Initialisierungsroutine des DOS zurückgegeben.

Mit einem geeigneten Programm kann an dieser Stelle der gesamte Boot-Vorgang und somit die Initialisierung des Amiga selbst gestaltet werden. Sie haben hier also die Möglichkeit, eine eigene Workbench-Diskette zu gestalten, da einige Disketten-Monitor-Programme die Erstellung der Checksumme übernehmen können. Diese Summe aller Worte des Blocks ist unbedingt nötig, damit der Amiga diesen Block als Boot-Block anerkennt.

3.8.2 Daten-Verteilung auf Diskette

Die Verteilung der einzelnen Datenblöcke auf der Diskette hängt natürlich davon ab, was und in welcher Reihenfolge auf dieser Diskette gespeichert wurde. Dennoch ist die Aufteilung der einzelnen Sektoren in sich vorgeschrieben.

Da ab Workbench 1.3 zusätzlich zum normalen Filing, das im ROM liegt, das Fast-Filing-System auf der Diskette mitgeliefert wird, folgt die Betrachtung der einzelnen Datenformate nun in zwei Teilen.

3.8.2.1 Normales Filing-System

Um auf einer Diskette mit einer Kapazität von ca. 800 KByte seine Daten so unterzubringen, daß sie auch später wieder auffindbar sind, gibt es bei der Verteilung von Daten einige Regeln. Diese Regeln sind dem AmigaDOS natürlich bekannt, so daß man sie eigentlich nicht unbedingt wissen müßte. Tritt jedoch einmal ein Fehler auf einer Diskette auf, so muß man die verbliebenen Daten retten können.

Hierfür ist das DISKDOCTOR-Programm vorgesehen, das der Amiga bei einem Diskettenfehler sogar in einem Requester empfiehlt. Um die Arbeitsweise dieses Retters in der Not zu verstehen, sind eingehende Betrachtungen der Diskettenformate nötig.

Ein wichtiger Punkt hierbei ist die Verteilung der Dateien auf der Diskette und die Technik des Inhaltsverzeichnisses. Im Gegensatz zu den meisten Diskettenformaten ist das Inhaltsverzeichnis von Amiga-Disketten nicht in einigen zusammenhängenden Sektoren zu finden. Dies ist der Grund, weshalb die Ausgabe des Directory (z.B. mit dem CLI-Kommando DIR) so lange dauert.

Diese Methode hat Vor- und Nachteile. Der Nachteil ist die lange Zugriffszeit auf das Inhaltsverzeichnis, was teilweise ganz schön Nerven kostet. Dieser Nachteil wird jedoch durch einen großen Vorteil wettgemacht: die Möglichkeit der "Reparatur" einer beschädigten Diskette.

Tritt bei einem der üblichen Disketten eines anderen Systems, z.B. bei MS-DOS oder dem Atari ST, ein Fehler ausgerechnet in Track 0 auf, wo das gesamte Inhaltsverzeichnis der Diskette liegt, so treten sehr große Probleme auf. Die Position der Daten und die Zusammenhänge der Sektoren sind nämlich dann nicht mehr bekannt und die Dateien somit nur mit einem Riesenaufwand wieder zu retten.

Dies ist beim Amiga nicht der Fall. Wie schon durch die Existenz des DISCDOCTOR-Programms deutlich, sind die einzelnen Dateien relativ leicht wiederzufinden, ohne daß eine zentrale Verteilungsstelle notwendig ist. Dies wird durch große Redundanzen erreicht, die zwar

Speicherplatz auf den Disketten verbraucht, aber dadurch große Datensicherheit gewährleistet.

Wie funktioniert dies? Um die Struktur der Datenverteilung zu durchschauen, müssen wir nun den Aufbau der verschiedenen Diskettensektoren betrachten.

Root-Block

Abgesehen von den Boot-Sektoren befindet sich der Root-Block an einer festgelegten Stelle auf der Diskette. Dies ist üblicherweise auf Seite 0, Track 40, Sektor 0 und hat somit die Nummer 880 ($370). Das dritte Langwort des Boot-Sektors enthält auch diese Nummer.

In diesem Block befindet sich die Wurzel der gesamten Diskette. Hier liegt das oberste Directory sowie der Diskettenname und dessen Erstellungsdatum. Die Aufteilung dieses Blocks ist folgende (alle Werte sind Langworte, also 4 Bytes):

Root-Block

Wort	Name	Inhalt	Bedeutung
0	Type	2	Typ 2 (T.SHORT) bedeutet, daß es sich bei diesem Block um einen Anfangsblock einer Struktur handelt
1	Header Key	0	Hat hier keine Bedeutung
2	High Seq	0	Hat hier keine Bedeutung
3	HT-Size	$48	Dies ist die Größe der Tabelle, in der die Anfangsblocks der Files oder Unterdirectories aufgeführt sind (Hashtable), die zusammen in einer Kette liegen
4	Reserviert	0	Hat hier keine Bedeutung
5	Checksumme	???	Enthält einen Wert, welcher die Summe aller Worte dieses Blocks zu Null macht
6	Hashtable		Hier beginnt die Tabelle, in der die Anfangsblocks der Dateien bzw. Unter-Directories stehen
78	BM-Flag	-1	Dieses Flag enthält -1 (TRUE), wenn die Bit-Map der Diskette gültig ist
79	BM-Pages		Die folgende Tabelle enthält Zeiger auf die Blocks, welche die Bit-Map enthalten. Meistens ist dies nur ein einzelner Block, so daß die übrigen Zeiger der Tabelle Null sind
105	Days		Enthält das Datum, an dem die Diskette zuletzt verändert wurde
106	Mins		Uhrzeit der Änderung

107	Ticks		Sekunde der Änderung
108	Disk Name		Hier liegt nun der Name der Diskette als BCPL-String, d.h. das erste Byte stellt die Anzahl der Zeichen des Namens (max. 30) dar
121	Create Days		Erstellungsdatum der Diskette
122	Create Mins		Erstellungszeit
123	Create Ticks		Erstellungssekunde
124	Next Hash	0	Immer Null
125	Parent Dir	0	Zeiger auf übergeordnetes Directory: immer Null
126	Extension	0	Immer Null
127	Sec. Type	1	Dieses Wort stellt den Sekundär-Typ des Blocks dar. Für den Root-Block ist dies eine 1.

Die Werte in der Hashtable geben die Blocks an, in denen die Datei- bzw. Unter-Directory-Ketten innerhalb des Root-Directories beginnen. Da in diese Tabelle nicht genug Werte passen, werden aus den Dateien bzw. Unter-Directories Ketten gebildet, deren Namen einen bestimmten Zusammenhang haben.

Es wird aus dem Datei- bzw. Directory-Namen ein Wert errechnet, der zwischen 6 und 77 liegt. Mit diesem Wert kann dann auf das Langwort der Hash-Tabelle zugegriffen werden, wo die gewählte Kette beginnt. Die Funktion, nach der dieser Wert errechnet wird, ist folgende: Hash=Länge des Namens pro Buchstabe des Namens:

```
Hash=Hash *13
Hash=Hash +ASCII-Wert des Zeichens (immer Großbuchstaben)
Hash=Hash & $7FF (logisch UND)
Hash=Hash modulo 72
Hash=Hash +6
```

Wie dies zu programmieren ist, finden Sie im Kapitel über das Trackdisk-Device, in dem ein Maschinenprogramm u.a. zur Auswertung der Hash-Tabelle vorgestellt wird.

Der Anfang der Kette liegt also dort, wohin der so berechnete Zeiger der Hash-Table zeigt. In dem so gefundenen Block steht dann im 124. Langwort die Nummer des nächsten Eintrages der Kette und so weiter, bis schließlich durch eine Null in diesem Zeiger das Ende der Kette angezeigt wird.

Diese Blocks, die den Anfang einer Datei- oder Directory-Struktur bilden, sind ebenfalls besonders aufgebaut. Beginnen wir mit dem ersten Block einer Datei, dem File-Header-Block.

File-Header-Block

Dieser Block enthält die Informationen über die entsprechende Datei. Darunter sind deren Name, Erstellungszeit und Kommentar sowie die Größe und Verteilung der Datei auf der Diskette. Die Aufteilung dieses Blocks ist folgende:

File-Header-Block

Wort	Name	Inhalt	Bedeutung
0	Type	2	Typ 2 (T.SHORT) bedeutet, daß es sich bei diesem Block um einen Anfangsblock einer Struktur handelt
1	Header Key		Hier steht die eigene Block-Nummer.
2	High Seq		Enthält die gesamte Anzahl der Blocks dieser Datei.
3	Data-Size	0	
4	first Data	0	Hier steht die Nummer des ersten Datenblocks der Datei. Dieser Wert findet sich auch in Wort Nr.77 wieder.
5	Checksumme	???	Enthält einen Wert, welcher die Summe aller Worte dieses Blocks zu Null macht.
6	Data-Blocks		Hier beginnt die Tabelle, in der die Datenblocks der Datei aufgeführt sind. Die Tabelle beginnt bei Wort 77 und zählt dann rückwärts.
78	Reserviert	0	
79	Reserviert	0	
80	Protect		Dieses Wort enthält in den unteren 4 Bits die Status-Information der Datei: Bit Geschützt gegen, wenn gesetzt: 0 Löschen 1 Verändern 2 Überschreiben 3 Lesen
81	Byte Size		Länge der Datei in Bytes.
82	Comment		Hier beginnt der Kommentar zur Datei als BCPL-String (max. 22 Zeichen).
105	Days		Enthält das Datum, an dem die Datei erstellt wurde.
106	Mins		Uhrzeit der Erstellung.
107	Ticks		Sekunde der Erstellung.
108	Datei-Name		Hier liegt nun der Name der Datei als BCPL-String, d.h. das erste Byte stellt die Anzahl der Zeichen des Namens (max. 30) dar.
124	Hash Chain		Blocknummer der nächsten Datei aus dieser Kette oder Null.

125	Parent		Zeiger auf das Directory, in dem diese Datei aufgetaucht ist.
126	Extension	0	Zeiger auf Erweiterungsblock oder Null.
126			Immer dann ungleich null, wenn die Data-Block-Tabelle nicht lang genug ist, um alle Blocks dieser Datei aufzuzeigen. Ist dies der Fall, so wird dort auf einen Block gezeigt, der diese Liste fortführt.
127	Sec. Type	-3	Dieses Wort stellt den Sekundär-Typ des Blocks dar. Für den File-Header-Block ist dies -3 ($FFFD).

File-List-Block

Dieser Block, der die Block-Liste fortführt, wird Erweiterungsblock (File-List-Block) genannt und ist folgendermaßen aufgebaut:

File-List-Block

Wort	Name	Inhalt	Bedeutung
0	Type	$10	Typ $10 (T.LIST) bedeutet, daß es sich bei diesem Block um einen Erweiterungs-Block einer Datei-Struktur handelt.
1	Header Key		Hier steht die eigene Block-Nummer.
2	High Seq		Enthält die gesamte Anzahl der Einträge in der Data-Block-Tabelle.
3	Data-Size	0	
4	first Data	0	Hier steht die Nummer des ersten Datenblocks der Datei. Dieser Wert findet sich auch in Wort Nr.77 des File-Header-Blocks wieder.
5	Checksumme	???	Enthält einen Wert, welcher die Summe aller Worte dieses Blocks zu Null macht.
6	Data-Blocks		Hier beginnt die Tabelle, in der die zusätzlichen Datenblocks der Datei aufgeführt sind. Die Tabelle beginnt bei Wort 77 und zählt dann rückwärts.
78	info	0	Reserviert
124	Hash Chain	0	Blocknummer der nächsten Datei aus dieser Kette (immer Null).
125	Parent		Zeiger auf denFile-Header-Block.
126	Extension	0	Zeiger auf Erweiterungsblock oder Null.

127	Sec. Type	-3	Dieses Wort stellt den Sekundär-Typ des Blocks dar.

Die andere Möglichkeit eines Start-Blocks ist der User-Directory-Block, der am Anfang einer Directory-Struktur steht.

User-Directory-Block

Jedes Unter-Directory wird durch einen solchen Block begonnen, der ähnlich wie der Root-Block aufgebaut ist:

Wort	Name	Inhalt	Bedeutung
0	Type	2	Typ 2 (T.SHORT) bedeutet, daß es sich bei diesem Block um einen Anfangsblock einer Struktur handelt.
1	Header Key		Hier steht die eigene Blocknummer.
2	High Seq	0	Hat hier keine Bedeutung.
3	HT-Size	0	Hat hier keine Bedeutung.
4	Reserviert	0	Hat hier keine Bedeutung.
5	Checksumme	???	Enthält einen Wert, welcher die Summe aller Worte dieses Blocks zu Null macht.
6	Hashtable		Hier beginnt die Tabelle, in der die Anfangsblocks der Dateien bzw. Unter-Directories stehen.
78	Reserviert	0	Hat hier keine Bedeutung.
80	Protect		Dieses Wort enthält in den unteren 4 Bits die Status-Information der Datei: Bit Geschützt gegen, wenn gesetzt: 0 Löschen 1 Verändern 2 Überschreiben 3 Lesen
81	Reserviert	0	Ohne Bedeutung.
82	Comment		Hier beginnt der Kommentar zu diesem Unter-Directory als BCPL-String (max. 22 Zeichen).
105	Days		Enthält das Datum, an dem dieses Unterdirectory erstellt wurde.
106	Mins		Uhrzeit der Erstellung.
107	Ticks		Sekunde der Erstellung.
108	Dir. Name		Hier liegt nun der Name des Directories als BCPL-String (max. 30).
124	Next Hash		Nächster Eintrag derselben Kette.
125	Parent Dir		Zeiger auf das übergeordnete Directory.
126	Extension	0	Immer Null.

127	Sec. Type	2	Dieses Wort stellt den Sekundär-Typ des Blocks dar. Für den User-Directory-Block ist dies eine 2.

Außer diesen Struktur-Blocks sind natürlich auch Datenblocks auf der Diskette vorhanden. Diese haben den einfachsten Aufbau:

Data-Block

Wort	Name	Inhalt	Bedeutung
0	Type	8	Typ 8 (T.DATA) bedeutet, daß es sich hier um einen Datenblock handelt.
1	Header Key		Hier steht die Blocknummer des File-Headers.
2	Seq Num		Lfd. Nummer des Datenblocks in dieser Datei.
3	Data-Size	$1E8	Gültige Datenworte dieses Datenblocks ($1E8 oder weniger).
4	Next Data		Nummer des nächsten Datenblocks dieser Datei.
5	Checksumme	???	Enthält einen Wert, welcher die Summe aller Worte dieses Blocks zu Null macht.
6	Data		Hier beginnen die Daten selbst.

Nun fehlt nur noch der Block, der die beim Root-Block erwähnte Bit-Map enthält. In diesem Block ist für jeden Block der Diskette ein Bit vorhanden, das anzeigt, ob jener Block belegt oder frei ist. Der Aufbau des Bit-Map-Blocks ist sehr einfach:

Bit-Map-Block

Wort	Name	Inhalt	Bedeutung
0	Checksumme	???	Checksumme des Blocks
1-55	Bit-Muster		Belegungs-Bits für alle Blöcke. Bit 0 des ersten Langworts steht für Block 2 usw. Ein gesetztes Bit bedeutet einen freien Block.

3.8.2.2 Fast-Filing-System

Der Unterschied zwischen den beiden Filing-Systemen ist wesentlich geringer, als der dadurch erreichte Geschwindigkeitszuwachs vermuten läßt. Der eine Grund für die Beschleunigung ist der, daß der neue FFS-Handler optimiert programmiert wurde (in Maschinensprache!) und somit schneller ist. Der zweite Grund ist jedoch entscheidend: Die Datenblöcke enthalten nur noch die Daten!

Um eine FFS-Diskette bzw. Festplatten-Partition zu markieren, wird hinter dem Diskettentyp im Boot-Block, "DOS", eine binäre 1 gesetzt. Nach der Formatierung mit dem neuen FORMAT-Befehl und der Option FFS wird also lediglich dieses eine Bit anders gesetzt, die restliche Formatierung ist identisch. Lediglich der initiale Inhalt der Sektoren, in die ja DOS1DOS2DOS3 usw. geschrieben wird, verschiebt sich um 1, da ja nicht mit 0, sondern mit 1 begonnen wird.

Die so erreichten Vorteile liegen auf der Hand: Pro geladenen Datenblock sind 512 Bytes geladen, also immerhin 24 Bytes mehr als vorher. Außerdem spart man sich die Zeit, die der Handler dafür braucht, die Checksumme zu bilden, sie zu vergleichen und schließlich die reinen Daten-Bytes an die gewünschte Stelle im Speicher zu kopieren. Beim FFS kann der gesamte Sektorinhalt in den angegebenen Speicher gesetzt werden. Da außerdem bei großen Dateien die Datensektoren hintereinander angeordnet sind, kann durch das direkte Laden eines großen Schwungs von Sektoren in den Speicher die Hardware voll genutzt werden, während das alte System Sektor für Sektor laden muß.

Um nun eine Festplatte mit dem FFS betreiben zu wollen, können einige Vorbereitungen getroffen werden. Die erste Partition der Platte muß nach wie vor für das alte System vorbereitet werden bzw. sein, da das FFS ja erst einmal geladen werden muß. Es empfiehlt sich, diese erste Partition recht klein zu wählen.

Alle weiteren Partitionen müssen für die Verwendung des FFS neu formatiert werden. Sollten Sie also bereits die Festplatte mit Daten beschrieben haben, so retten Sie diese erst einmal auf Disketten.

Kopieren Sie nun die Programme l:FastFileSystem, c:Mount und c:Format von der Workbench 1.3-Diskette auf Ihre Boot-Disk. Danach müssen Sie für jede Partition, die unter FFS laufen soll, in der MountList folgende Zeilen zusätzlich eintragen:

```
GlobVec    = -1
FileSystem = l:FastFileSystem
DosType    = 0x444F5301
```

Der Eintrag "GlobVec" wird auf -1 gesetzt, da keine Global-Vectors-Tabelle verwendet wird. Die Angabe des FileSystems ist natürlich klar, wobei auch zu beachten ist, daß Sie das FastFileSystem auch in den l-Ordner kopieren müssen. Mit dem Eintrag "DosType" wird dann schließlich festgelegt, daß die Kennung der Partition auch "DOS\1" ist.

Die erste Ziffer 4 von 0x4444F5301 wird benötigt, da es sich um einen BCPL-String handelt.

Wenn Sie nun einen Reset ausführen, erscheint für jede der FFS-Partitions ein Requester "Not a DOS-Disk". Klicken Sie ruhig Cancel an, er hat ja recht. Nach dem fertigen Hochfahren des Rechners müssen die FFS-Partitionen nämlich erst einmal entsprechend formatiert werden. Dies wird mit dem neuen Format-Befehl durchgeführt, bei dem an das Ende der aufrufenden Befehlszeile noch FFS angehängt wird. Danach können Sie die Partitions mit FFS verwenden. Der Geschwindigkeitszuwachs ist enorm!

Wenn Sie sich nun auch Disketten im FFS anlegen wollen, ist der Vorgang etwas anders. Zunächst einmal ist zu bemerken, daß eine Diskette im Gegensatz zur Festplatte wechselbar ist. Da dies aber vom FFS nicht beachtet wird, muß nach jedem Wechsel einer Diskette der Befehl DiskChange eingegeben werden (im C-Directory der WB1.3-Disk)!

In die Mountlist für die Diskette muß nun ein Extraeintrag getippt werden, der für FFS-Disketten gilt. Dieser sieht dann etwa folgendermaßen aus:

```
FAST:
   Device            = trackdisk.device
   FileSystem        = L:FastFileSystem
   GlobVec           = -1
   DosType           = 0x4444F5301
   StackSize         = 5000
   Unit              = 1
   Flags             = 0
   Surfaces          = 2
   BlocksPerTrack    = 11
   Reserved          = 2
   Interleave        = 1
   LowCyl            = 0
   HighCyl           = 79
   Buffers           = 5
   BufMemType        = 1
   Mount             = 1
#
```

Dieser Eintrag bietet nach dem Befehl Mount FAST: einen Zugriff auf eine Diskette mit FastFileSystem, welche natürlich jeweils mit der FFS-Option formatiert werden muß.

Die einzelnen Bedeutungen der MountList-Einträge entnehmen Sie bitte den früheren Kapiteln dieses Buches bzw. Ihrem DOS-Handbuch.

4. Die Expansionsarchitektur

4.1 Die Hardware

Wer schon einmal eine Erweiterungskarte im Amiga verwendet hat, dem wird aufgefallen sein, daß man sich bei diesen Karten um nichts mehr kümmern muß. Einfach nur anstecken und einschalten. Eine RAM-Erweiterung ist so nach dem Einschalten und Booten automatisch zum freien Gesamtspeicher hinzugefügt. Steckt man noch eine weitere ein, gibt es, auch wenn die zweite Karte von einem anderen Hersteller stammt, keine Probleme. Man muß nicht, wie bei anderen Computern, erst eine Vielzahl von DIP-Schaltern oder Jumpern entsprechend einstellen, damit zwei Karten nicht an denselben Adressen liegen.

Gleiches gilt auch für die Software. Es werden so automatisch nur jene Treiber geladen, deren zugehörige Hardware auch tatsächlich eingesteckt ist. Um dies alles zu ermöglichen, wurde von Commodore ein Hard-und Softwarekonzept entwickelt, das seit Kickstart 1.2 diese sog. Autokonfiguration von Erweiterungskarten unterstützt.

Das Hauptproblem jeder Erweiterungskarte ist der von ihr benötigte Adreßbereich. Damit sind diejenigen Adressen gemeint, an denen die Karte von der Software angesprochen werden kann. Beim Amiga ist der Bereich von $200000 bis $9FFFFF für Erweiterungskarten vorgesehen. Da aber eine Erweiterungskarte nicht weiß, welche anderen Erweiterungen sich schon in diesem Adreßbereich befinden, kann es zu Kollisionen kommen. Nehmen wir an, eine 2-MByte-RAM-Erweiterung liege an der Adresse $200000. Jetzt will man durch Einstecken einer zweiten Karte den Speicher auf 4 MBytes erweitern. Steckt man dazu einfach noch einmal dieselbe Karte ein, führt dies natürlich zu nichts, da diese dann auch ab $200000 im Speicher liegt. Man muß also die Adresse einer der Karten umstellen, z.B. auf $400000. Dann würde es funktionieren. So geht dies auch bei den meisten anderen Computern. Die Erweiterungskarten haben kleine Schalter auf der Platine, mit denen man ihre Basisadressen einstellen kann. Wehe dem, der einmal die Dokumentation zu so einer Karte verlegt hat und jetzt verzweifelt vor ihr steht, während er überlegt, welche Funktion die einzelnen Schalter denn hatten...

Beim Amiga dagegen besitzt jede Karte eine spezielle Hardware, die es dem Amiga ermöglicht zu ermitteln, wieviel Speicherplatz die Karte benötigt. Ist dieser noch verfügbar, weist sie der Karte die entsprechende Adresse zu. Ist die Karte eine RAM-Erweiterung, wird der Speicher gleich noch der Liste des freien Speichers hinzugefügt. Außerdem kann auch noch eine Treibersoftware, z.B. ein Harddisk-Treiber, automatisch von einem auf der Erweiterungskarte befindlichen ROM gelesen werden.

Die Informationen über die Erweiterungskarten liest das Amiga-Betriebssystem immer ab der Adresse $E80000. Wie klappt das, wenn mehrere Karten eingesteckt sind?

Jede Erweiterungskarte besitzt einen CFGIN und einen CFGOUTPin (Configuration In und Configuration Out, siehe Beschreibung der A2000-Slots). Nach einem Reset legen alle Karten ihren CFGOUT-Ausgang auf high. Da der CFGOUT-Ausgang jeder Karte mit dem CFGIN-Eingang der nächsten verbunden ist, sehen alle Karten CFGIN = high (Leere Slots werden beim A2000 automatisch übergangen, man muß die Karten nicht der Reihe nach einstecken, wenn die Autokonfiguration funktionieren soll.) Einzige Ausnahme ist die erste Karte, ihr CFGIN ist immer low, ebenso wie das CFGIN einer Karte, die am A1000 oder A500 angesteckt ist. Nun gilt für alle Karten die Regel, daß sie nur dann auf einen Zugriff bei $E80000 antworten dürfen, wenn ihr CFGIN-Eingang low und ihr CFGOUT-Ausgang high ist. Daher antwortet nach einem Reset zuerst die Karte im ersten Slot (bzw. diejenige im Coprozessor-Slot beim A2000-B oder beimA500/1000 die Karte direkt am Expansion-Port.) Hat der Amiga alle notwendigen Daten dieser Karte gelesen, prüft er, ob der von ihr angeforderte Speicherplatz vorhanden ist. Wenn ja, schreibt er dessen Anfangsadresse in ein spezielles Register auf der Erweiterungskarte. Damit ist der Konfigurationsprozeß beendet, sie legt ihren CFGOUT-Ausgang auf low und erlaubt damit der nächsten Karte, mit ihrem Autokonfigurationsprozeß zu beginnen.

Die Adresse, die der Amiga einer Karte zuweist, liegt immer auf einer Speichergrenze, die der Größe des angeforderten Speichers entspricht. Eine 2-MByte-RAM-Erweiterung bekommt also eine Adresse, die auf einer 2-MByte-Grenze liegt: $200000, $400000, $600000 oder $800000. Außnahmen sind lediglich 4- und 8-MByte-Karten, die aufgrund ihrer Größe anders nicht unterzubringen wären.

Die so konfigurierte Karte ist jetzt unter der ihr zugewiesenen Adresse zu erreichen. War der von ihr angeforderte Speicherplatz nicht mehr frei, was bei über 8 MByte freiem Adreßraum wohl selten vorkommt, wird sie vom Amiga über eine andere Adresse, Shut_up forever genannt, dazu aufgefordert, für immer zu schweigen und ihren CFGOUT-Ausgangauf low zu legen, damit die Autokonfiguration weitergehen kann.

Erst wenn keine Karte bei $E80000 mehr antwortet, weiß der Amiga, daß er alle Erweiterungskarten erfaßt hat und beendet den Autokonfigurationsprozeß.

Der Aufbau der Autokonfiguration

Wie gesagt, beginnt der Autokonfigurationsbereich bei $E80000. Um die Hardware auf der Erweiterungskarte billig zu halten, werden nur vier Daten-Bits benutzt: D12-D15. Jedes Daten-Byte ist also auf die beiden oberen Nibbles zweier aufeinanderfolgender Worte verteilt:

Adresse	D15-D12	D11-D0
$E80000	Oberes Nibble des Bytes	Unbelegt
$E80002	Unteres Nibble des Bytes	Unbelegt

Die Adressen sind folgendermaßen verteilt: (Basisadresse ist während des Autokonfigurationsprozesses $E80000, danach hängt es von der Karte ab, ob diese Daten an der neuen Adresse noch erreichbar sind oder nicht.)

Adressen	Funktion
00/02	Bits 0-2: Größe des gewünschten Speicherbereichs: 000 = 8 MByte 001 = 64 KByte 010 = 128 KByte 011 = 256 KByte 100 = 512 KByte 101 = 1 MByte 110 = 2 MByte 111 = 4 MByte Bit 3: Eine 1 in diesem Bit bedeutet, daß die nächste Erweiterungskarte auf derselben Platine, also im selben Slot, sitzt. Bit 4: Gültiges ROM auf der Platine Bit 5: Speicherbereich zur Liste des freien Speichers hinzufügen (bei RAM-Erweiterungen)

	Bit 6 und 7: Art der Erweiterungskarte: 00, 01 und 10: für künftige Karten 11: normale Karte
04/06	Produktnummer: Mit diesem Byte kann ein Hersteller seine unterschiedlichen Erweiterungskarten durchnumerieren, damit sie von der Software erkannt werden können.
08/0A	Bits 0-5: Immer Null Bit 6: Eine 0 bedeutet, daß diese Karte abgeschaltet werden kann (Shut_up_forever) Bit 7: Wenn Bit 7 = 0 ist der Karte ihre Adresse egal, wenn es gleich 1 ist, will sie in den Bereich von $200000 bis $9FFFFF.
0C/0E	Immer Null
10/12	Herstellernummer, oberes Byte (High-Byte)
14/16	Herstellernummer, unteres Byte (Low-Byte) Die Herstellernummer ist eine 16-Bit-Zahl, die sich jeder Hersteller von Amiga-Erweiterungskarten von Commodore zuweisen lassen kann, damit die Software die verschiedenen Karten auseinanderhalten kann (mit der Produktnummer)
18/1A	Seriennummer der Karte, Byte 0 (LSB)
1C/1E	Seriennummer der Karte, Byte 1
20/22	Seriennummer der Karte, Byte 3
24/26	Seriennummer der Karte, Byte 4 (MSB). Die Seriennummer muß nicht verwendet werden, sie ist allein Sache des Herstellers.
28/2A	ROM-Adresse, oberes Byte
2C/2E	ROM-Adresse, unteres Byte. Die ROM-Adresse ist die Adresse des ROM in Bezug auf die Anfangsadresse der Platine. Zusammen mit dieser Adresse setzt man Bit 4 im ersten Byte (00/02) auf 1, um dem Amiga zu sagen, daß die ROM-Adresse gültig ist. Ist kein ROM vorhanden, sind diese beiden Bytes bedeutungslos.
30/32	Lesezugriff immer Null, mit einem Schreibzugriff kann man die auf der Karte gespeicherte Basisadresse löschen.
34/36	Immer Null.
38/3A	Immer Null.
3C/3E	Immer Null.
40/42	Kontroll/Statusregister (wahlweise) Bit 0: Interrupt erlauben (interrupt enable). Bit 1: Nicht festgelegt, Funktion je nach Karte.

	Bit 2: Reset der Erweiterungskarte. Bit 3: Nicht festgelegt. Bit 4-7 sind beim Schreibzugriff nicht festgelegt, beim Lesen haben sie folgende Funktion: Bit 4: INT2 liegt an. Bit 5: INT6 liegt an. Bit 6: INT7 liegt an. Bit 7: Karte löst gerade einen Interrupt aus.
44/46	Immer Null.
48/4A	Basisadresse (Adreß-Bits A23 bis A16) An diese Adresse schreibt der Amiga die Basisadresse der Erweiterungskarte.
4C/4E	shut_op_forever (nur 4C), schaltet Karte ab.
50/52 bis 7C/7E	Immer Null.

Aufgrund der verwendeten Hardware müssen alle gelesenen Werte, außer denen an Adresse 00/02 und 40/42, noch invertiert werden. Die mit "immer Null" bezeichneten Bytes werden als $FF statt 0 gelesen.

Wie wird das Konzept nun auf der Erweiterungskarte hard-waremäßig realisiert? Basis des Ganzen ist nicht ein ROM, wie man vielleicht vermuten könnte, sondern ein PAL-Baustein. Er übernimmt gleichzeitig zwei Funktionen: Estens steuert er die Konfiguration der Platine, verwaltet unter anderem die CFGIN- und CFGOUT-Leitungen, zweitens übernimmt er die Funktion eines ROMs, in dem er die Konfigurationsdaten, wie z.B. die gewünschte Speichergröße, speichert. Daher werden die Daten auch nur über vier Datenbusleitungen zurückgelesen, damit die anderen Ausgänge des PALs frei bleiben. Die Verwendung eines PAL ist auch daran schuld, daß die meisten Daten invertiert werden müssen, d.h. als 1 statt als 0 gelesen werden. Denn ein PAL wird genau umgekehrt wie ein ROM programmiert. Statt daß zu jeder Adresse ein Bit-Muster angegeben werden kann, legt man bei einem PAL fest, für welche Kombinationen von Eingangsdaten (also Adressen, R/W, CFGIN usw.) eine bestimmte Ausgangsleitung auf Null gelegt werden soll. Im Normalfall sind die Ausgangsleitungen daher high. Betrachtet man nun obige Adreßtabelle, stellt man fest, daß es wesentlich mehr Daten-Bits gibt, die Hi (== 1) sind (invertieren nicht vergessen!),als solche, die auf 0 liegen. Dies vereinfacht die Programmierung des PAL.

Die Verwendung eines PAL schränkt leider die Selbstbaumöglichkeiten ein, da nicht jeder Hobbybastler ein PAL-Programmiergerät besitzt.

Dabei sind die Preise für PAL-Bausteine inzwischen deutlich unter die 10-Mark-Grenze gesunken!

Wie funktioniert jetzt die Adreßdekodierung? Jede Erweiterungskarte besitzt einen 8-Bit-Speicherbaustein mit abschaltbaren (Tri-State) Ausgängen, z.B. vom Typ 74LS374. In ihm wird die Adresse abgespeichert, die der Amiga der Karte zuweist (48/4A in obiger Tabelle). Diese Adresse wird an den Eingang eines sog. Adreßkomparators gelegt. Dieser Chip, z.B. vom Typ 74F688, vergleicht die Adresse auf dem Adreßbus (A23 bis A16, wenn die Karte 64 KByte Speicher beansprucht) mit der Adresse in dem 74LS374. Sind beide identisch, erkennt dies der Komparator und signalisiert der Karte, daß sie vom Prozessor angesprochen wird. Die Ausgänge des 74LS374 werden allerdings erst eingeschaltet, wenn die Karte konfiguriert ist. Damit die Karte vorher auch an einer definierten Adresse liegt, befinden sich parallel zu den Ausgängen noch 8 Widerstände, die zum Teil gegen +5 Volt oder Masse geschaltet sind, und zwar genau so, daß sich die Adresse $E80000 ergibt - die Karte liegt daher vor der Konfiguration bei $E80000 und danach an der Adresse, die vom Amiga in den 74LS374 geschrieben wird - sie ist autokonfiguriert!

Der Aufbau des ROM

Wie man aus der vorangegangenen Tabelle entnehmen konnte, besteht die Möglichkeit, eine beliebige Software in einem ROM auf der Erweiterungskarte unterzubringen. Der Inhalt dieses ROM wird automatisch ins RAM kopiert, wenn das vierte Bit in 00/02 gesetzt ist. Dann beginnt der Amiga, an der Adresse, die er in 28/2A und 2C/2E findet, nach einem ROM Ausschau zu halten. Dabei hat der Erbauer der Karte die Freiheit, dieses ROM vier, acht oder sechzehn Bits breit zu machen, sein Inhalt wird auf jeden Fall ordentlich im Speicher zusammengebaut. Verwendet werden dabei entweder die Daten-Bits D12-D15, D8-D15 oder alle sechzehn. Das ROM muß folgenden Inhalt haben (in Worten):

Adresse	Funktion
0	Bits 15 und 14 legen die Breite des ROM fest: 00 = Vier Bit breit 01 = Acht Bit breit 11 = Sechzehn Bit breit

	Bits 13 und 12 bestimmen, wann der (eventuell) im ROM vorhandene Boot-Code aufgerufen wird: 00 = Nie 01 = Beim Installieren der Karte 10 = Beim Ausführen von BindDrivers

Achtung: Wenn der Boot-Code aufgerufen werden soll, muß der Konfigurationsbereich der Karte auch nach der Konfiguration noch erreichbar sein!

Die restlichen Bits sind vorerst noch alle Null.

2	Größe des ROM in Byte
4	Adresse des Programms, das beim Konfigurieren aufgerufen werden soll (als Offset vom ROM-Anfang).
6	Adresse des Programms, das zum Booten aufgerufen werden soll (s. o.)
8	Offset auf den Namen der Karte, des Herstellers oder sonstwas, zumindest eine 0.
A	Immer Null
C	Immer Null

Ab hier kann der ROM-Inhalt beginnen, z.B. ein Harddisk-Treiber.

Beim Aufruf einer der beiden Adressen werden vom Amiga folgende Registerinhalte übergeben:

A7	Zeiger auf einen Stack von mindestens 2 KByte Größe
A6	ExecBase
A5	ExpansionBase
A3	ConfigDev-Struktur
A2	Adresse des ROM-Inhalts im RAM (wohin es kopiert wurde)
A0	Basisadresse der Karte nach der Konfiguration

Rückgabewert:

D0	Wenn man in D0 den Wert 0 zurückgibt, wird der Speicher, in den der Amiga das ROM kopiert hatte, wieder zum freien Systemspeicher hinzugefügt.

4.2 Die Software

Verantwortlich für alles, was mit den Expansionkarten zu tun hat, ist beim Amiga, wie könnte es anders sein, eine Library: Die Expansion.library. Sie wird von Exec unmittelbar nach einem Reset aufgerufen und konfiguriert danach alle Erweiterungsboards, die sie findet, weist ihnen Basisadressen zu und kopiert den Inhalt eventueller ROMs ins RAM. Normalerweise hat der Programmierer mit der Arbeit dieser Library nichts zu tun. Auch der Erbauer einer Erweiterungskarte muß

sich nicht darum kümmern, wie seine Karte nun erkannt und konfiguriert wird, Hauptsache es geschieht.

Bis auf eine Ausnahme: Die Expansion.library erzeugt ja einige Daten, die eng mit der Karte verbunden sind: ihre Basisadresse, ob die Konfiguration erfolgreich war usw. Diese Daten werden jetzt von der Software benötigt, die diese Karte betreiben will. Denn wie soll sie ohne die Basisadresse der Karte auf diese zugreifen?

Die normale Methode, einen Treiber für eine Erweiterungskarte zu installieren, arbeitet mittels des CLI-Kommandos "binddrivers". Dieser Befehl, der normalerweise in der Startup-Sequence aufgerufen wird, durchsucht das Expansion-Directory nach Treibern, die zu einem Board, daß bei der Autokonfiguration erkannt wurde, passen. So werden automatisch nur diejenigen Treiber installiert, deren zugehörige Hardware auch tatsächlich vorhanden ist. Um einen Treiber für binddrivers erkennbar zu machen, muß man ein .info-File für ihn erzeugen. In diesem trägt man im Tooltypes-Feld "PRODUCT" ein. Findet binddrivers dieses Wort, liest es aus dem Rest der Zeile die Hersteller- und Produktnummer, um zu erkennen, für welche Erweiterungskarte der Treiber gedacht ist.

Die Syntax ist dabei folgende. Erst kommt, wie gesagt, "PRODUCT" gefolgt von einem "=". Jetzt kommt die Herstellernummer, dann ein "/", dahinter die Produktnummer. Soll der Treiber mit allen Produkten eines Herstellers arbeiten, läßt man den "/" samt Produktnummer einfach weg.Soll er nur mit bestimmten Treibern arbeiten, folgt nach der ersten Angabe einfach ein "|", danach eine zweite. Dies kann folgendermaßen aussehen:

```
PRODUCT=100/01      :Hersteller 100, Produktnummer 01
PRODUCT=100         :Hersteller 100, alle Karten
PRODUCT=100/01|100/02 :Hersteller 100, P. 01 und 02

Alle Angaben dürfen keine Leerzeichen enthalten!
```

Binddrivers lädt den Driver (mittels LoadSeg), wenn es mindestens ein passendes Board gefunden hat, und ruft ihn über "InitResident" auf. Kehrt dieses mit NULL zurück, wird der geladene Treiber wieder aus dem Speicher entfernt (UnLoadSeg).

Der geladene Treiber muß zuerst die Expansion.library öffnen. Man bekommt die Adresse der ExpansionBase-Struktur zurück. Diese hat folgenden Aufbau:

```
struct ExpansionBase
{
      struct Library  LibNode;
      UBYTE Flags;
      UBYTE pad;
      APTR  ExecBase;
      APTR  SegList;
      struct CurrentBinding CurrentBinding;
      struct List  BoardList;
      struct List  MountList;
      UBYTE  AllocTable[TOTALSLOTS];
      struct SignalSemaphore BindSemaphore;
      struct Interrupt  Int2List;
      struct Interrupt  Int6List;
      struct Interrupt  Int7List;
}; (zu finden in "Expansion.h")
```

Benötigt wird davon nur die CurrentBinding-Struktur:

```
struct CurrentBinding
{
      struct ConfigDev *cb_ConfigDev;
      UBYTE            *cb_FileName;
      UBYTE            *cb_ProductString;
      UBYTE            **cb_ToolTypes;
};(zu finden in "Configvars.h")
```

In ihr findet man den Filenamen des geladenen Treibers (cb_FileName), den "PRODUCT usw."-Text aus dem .info-File (cb_ProductString) und einen Zeiger auf das Tooltypes-Feld (cb_ToolTypes). Das Wichtigste für den Treiber sind aber die ConfigDev-Strukturen. Die CurrentBinding-Struktur enthält einen Zeiger auf die erste dieser Strukturen. Jede ConfigDev-Struktur steht für eine Erweiterungskarte, die den Angaben hinter PRODUCT entspricht. Sie hat folgenden Aufbau (ebenfalls in "Configvars.h" zu finden):

```
struct ConfigDev
{
      struct Node          cd_Node;
      UBYTE                cd_Flags;
      UBYTE                cd_Pad;
      struct ExpansionRom  cd_Rom;
      APTR                 cd_BoardAddr;
      APTR                 cd_BoardSize;
      UWORD                cd_SlotAddr;
      UWORD                cd_SLotSize;
      APTR                 cd_Driver;
      struct ConfigDev    *cd_NextCD;
      ULONG                cd_Unused[4];
};
```

Hier findet der Treiber nun endlich alles, was er benötigt. Die tatsächliche Adresse der Karte steht in cd_BoardAddr. Ob der Auto-

konfigurationsprozeß erfolgreich war, steht in cd_Flags:. Bit 0 heißt CDF_SHUTUP. Ist es 1, wurde die Karte mit Shut_up_forever zum Schweigen gebracht. Gleiches sollte auch der Treiber tun, wenn er CDF_SHUTUP gesetzt vorfindet. Bit 1, CDF_CONFIGME, sagt, daß diese Karte noch keinen Treiber besitzt. Dieses Bit sollte vom Treiber, nachdem er von "binddrivers" aufgerufen wurde, gelöscht werden. Außerdem muß man die Adresse der "node" des Treibers incd_Driver eintragen. Die "node" kann z.B. eine Device-Node, Library-Node oder Resource-Node sein, je nachdem, was für einen Treiber man hat.

Die cd_Rom-Struktur entspricht übrigens der Adreßtabelle für Erweiterungskarten am Anfang dieses Kapitels, allerdings nur der Bereich von 00/02 bis 3C/3E. Statt in Nibbles wie auf der Karte ist sie hier ordentlich im Byte-Format abgespeichert.

Cd_NextCD zweigt auf die nächste ConfigDev-Struktur, die dem im Tooltype angegebenen PRODUCT entspricht.

5. Das Januskonzept - Amiga und PC

"Januskonzept", so nennt Commodore die Kombination eines IBM-PC ode AT-kompatiblen Computers mit dem Amiga 2000.

Natürlich besteht diese Kombination nicht darin, einen billigen IBM-Nachbau auf seinen Amiga zu stellen, sondern in einer speziellen Hardware-Kopplung zwischen beiden Computern. Der IBM-Rechner ist dabei auf einer Steckkarte untergebracht, dem sogenannten Bridgeboard. Diese Karte schlägt auch im wahrsten Sinne des Wortes eine Brücke vom Amiga zum PC, da sie die einzige Erweiterungsplatine im A2000 ist, die sowohl in einem Amiga als auch in einem IBM-Steckplatz eingesteckt wird. Diese Karte verbindet beide Computerwelten.

Die Vorteile dieser Kombination liegen auf der Hand: Man hat sowohl einen vollwertigen Amiga als auch PC, die beide mit ein und derselben Peripherie auskommen. Dies spart sowohl Platz als auch Geld. Eine 60-MByte-Festplatte kostet eben weniger als zwei 30-MByte-Platten. Der PC benutzt normalerweise die Tastatur und den Monitor des Amiga, seine serielle und parallele Kommunikation erledigt er über die entsprechenden Buchsen des Amiga.

Der Amiga hingegen profitiert von der billigen IBM-Festplatte, die gerade mal die Hälfte einer Commodore-Festplatte kostet und problemlos vom AmigaDOS mitbenutzt werden kann. Damit ist ein vollwertiger Grundbetrieb des PC einschließlich Farbgrafik möglich.

Wer mehr will, kann entsprechende PC-Erweiterungskarten in die PC-Slots im Amiga stecken. Wie ist die PC-Karte nun aufgebaut?

5.1 Der Aufbau der PC-Brückenkarte

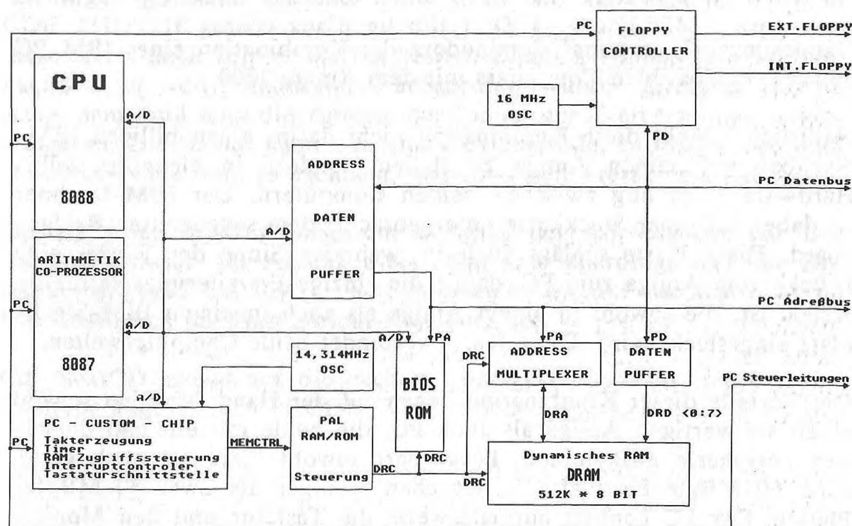


Abb. 5.1

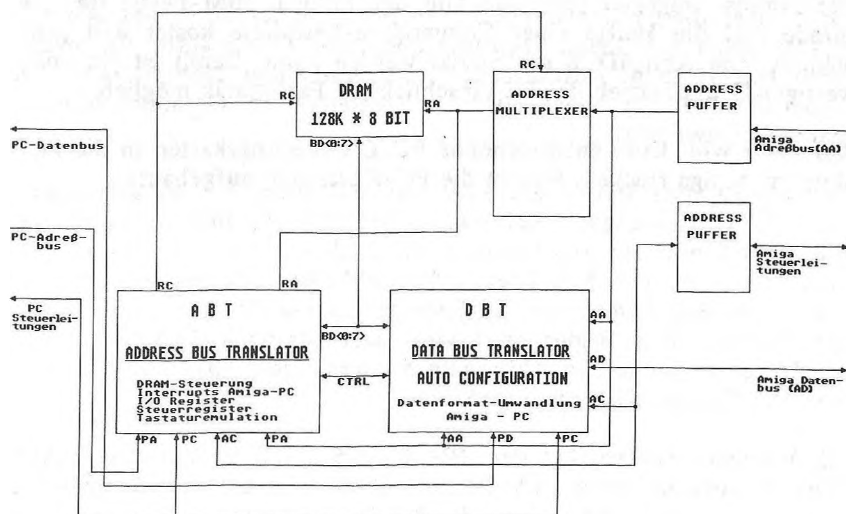


Abb. 5.2

Abbildungen 5.1 und 5.2 zeigen den Grundaufbau der gesamten Karte. 5.1 zeigt den PC. Da dieser ja fast die gesamte Amiga-Peripherie benutzt, findet man hier nur ein absolutes Minimalsystem vor. Zentrum ist der Prozessor eines IBM-PC: der 8088-Prozessor von Intel. Wer hier jetzt einen schnellen, modernen 16- oder gar 32-Bit-Prozessor erwartet, wie es an der Verbreitung des PCs gemessen, zu erwarten wäre, wird enttäuscht. Der 8088 ist lediglich ein 8-Bit-Prozessor, noch dazu ein recht betagter, der bei der niedrigen Taktfrequenz des Bridgeboards von 4.77 MHz kaum schneller als ein C64 ist.

Eine Besonderheit des 8088 sollte noch erwähnt werden. Seine Adressen- und Datenleitungen sind nicht getrennt aus dem Gehäuse herausgeführt, sondern werden gemultiplext. D.h. am Anfang eines Speicherzugriffes legt er die Adressen auf den Bus, hat der angesprochene Baustein diese übernommen, wird auf die unteren 8 Adreßleitungen des Datenbusses geschaltet. Daher auch die mit "A/D" bezeichnete Leitung in Abbildung 5.1.

Unter dem Prozessor ist ein Chip eingezeichnet, den es eigentlich gar nicht gibt, besser gesagt, er wird nicht mitgeliefert, sondern muß gekauft werden. Nur ein leerer Sockel auf dem Bridgeboard zeugt von seiner (Nicht-)Existenz. Bei diesem geheimnisvollen Chip handelt es sich um einen Mathematik-Coprozessor vom Typ 8087. Da man auch heute noch einige Märker für ihn auf den Tisch blättern muß und nicht jeder diesen Rechenknecht benötigt, verzichten so gut wie alle PC-Hersteller auf diesen Chip und überlassen dem Käufer eine eventuelle Nachrüstung (Ausnahmen machen nur einige Nobelmarken, bei denen der Preis für einen 8087 im Vergleich zum Gesamtpreis nicht mehr ins Gewicht fällt.)

Fast die gesamte Steuerlogik eines IBM-PC sowie die im ursprünglichen PC vorhandenen Timer und Interrupt-Chips sind im Laufe der Jahre (und mit der explosionsartigen Zunahme von PC-Clones, wie man die unzähligen Nachbauten des IBM-Originals nennt) von verschiedenen Halbleiterfirmen in hochintegrierten Custom-Chips vereinigt worden. Beim Bridgeboard wird sogar nur noch ein einziges dieser Chips verwendet, in Abbildung 5.1 unter dem 8087 mit dem Namen PC-Custom-Chip zu finden.

Als Haupspeicher verfügt der IBM über 512 KB dynamisches RAM. Die Ansteuerung dieser RAM-Chips übernimmt ein von Commodore entwickeltes PAL vom Typ 16L8. Der Datenbus ist über einen 74LS245 Datenbuspuffer mit den RAM verbunden, die Adressen über

zwei 74HCT257-Multiplexer. Dabei handelt es sich allerdings nicht um die kombinierten Daten-/Adreßleitungen vom 8088, sondern um ganz normale, getrennte Adreß- und Datenbusleitungen. Dies wird durch drei 74LS373-Bausteine erledigt. Sobald der 8088 die Adressen ausgibt, werden sie von diesen drei Chips gespeichert und während der Dauer des gesamten Speicherzugriffs auf den PA (PC Adresse) Leitungen bereitgestellt. Sobald der Prozessor die unteren Adreßleitungen auf Datenbusleitungen umschaltet, werden sie über einen 74LS245-Puffer mit dem PC-Datenbus (PD) verbunden. An diesem liegen, wie man in 5.1 sehen kann, der Floppy-Controller, das RAM und das gesamte Amiga-Interface.

Das mit BIOS-ROM bezeichnete Chip ist, wie der Name schon sagt, ein ROM. Es ist 16 KByte groß und enthält das sogenannte "Basic Input Output System" des PCs. Dieses BIOS ist die unterste Ebene des IBM-Betriebssystems, man kann es etwa (aber auch nur etwa) mit dem EXEC des Amiga vergleichen. Das restliche Betriebssystem, das MS-DOS, wird nach einem Reset von Diskette in den Hauptspeicher geladen. Zu diesem Zweck dient der Floppy-Controller links oben. Er ist vom Typ FDC 9268. An ihn wird auch das mitgelieferte $5\frac{1}{4}$-Zoll-Laufwerk angeschlossen. Der Floppy-Anschluß auf der PC-Karte ist, genauso wie der vom Amiga, zum Shugart-Bus kompatibel. Man kann die Laufwerke also jederzeit austauschen. (Näheres zur Belegung des Shugart-Busses findet man im Kapitel 1.3.5.) Hauptgrund dafür, daß der PC nicht auch noch den Floppy-Controller des Amiga mitbenutzt ist allerdings, daß eine beträchtliche Anzahl von Programmen für den PC direkt auf den Floppy-Controller zugreifen und dabei natürlich die Original-Register erwarten.

Das Interface zum Amiga

Das Blockschaltbild dieses Interfaces findet man in der Abbildung 5.2. Es besteht im wesentlichen aus einem 128 KByte großen Dual-Port-RAM und zwei hochintegrierten Custom-Chips aus der Commodore-Chip-Küche, dem Data Bus Translator und dem Adreß Bus Translator. Erinnern wir uns noch einmal an die Aufgaben, die dieses Interface zu erledigen hat:

- Übermittlung der Tastaturdaten vom Amiga zum PC.
- Umwandlung der IBM-Grafikdaten in ein Amiga-kompatibles Format und Darstellung auf dem Amiga-Bildschirm.

- Datenübertragung zwischen serieller und paralleler Schnittstelle des Amiga und dem PC.
- Übertragung von Files in beide Richtungen.

Das Hauptproblem liegt aufgrund der großen Datenmengen und der notwendigen schnellen Bearbeitung bei der Grafik. Der IBM-PC kennt zwei grundsätzliche Darstellungsmodi: monochrome oder farbige Textdarstellung und hochauflösende Grafikdarstellung mit entweder 320 oder 640 Punkten pro Zeile.

Das Interface stellt nun mit dem Dual-Port-RAM den dazu notwendigen Bildschirmspeicher zur Verfügung. Dual-Port-RAM bedeutet, daß dieses RAM von zwei Seiten, sprich Amiga und PC, unabhängig voneinander verwendet werden kann. Das RAM auf der PC-Karte ist kein "echtes" Dual-Port-RAM, da nicht beide Prozessoren tatsächlich gleichzeitig darauf zugreifen können. In diesem Fall muß nämlich derjenige, der später kommt, warten, bis der andere fertig ist. Diese Einschränkung ist aber für die Aufgabe, die das RAM zu erfüllen hat, nicht von Belang. Es erfüllt völlig seinen Zweck.

Befinden sich die Grafikdaten erst einmal im Dual-Port-RAM, kann sie der Amiga auslesen und in einem eigenen Screen innerhalb des Amiga-Betriebsystems darstellen. D.h. er könnte, wenn es da nicht noch ein kleines Problem gäbe: Das Datenformat ist nämlich unterschiedlich. Auf Amiga-Seite sind die Daten für einen Punkt eines Farb-Grafikbildschirm auf unterschiedliche Bit-Planes verteilt, beim IBM dagegen enthalten je zwei Bits eines Grafik-Bytes gemeinsam die Daten für einen Punkt. Da es sehr lange dauern würde, die IBM-Grafikdaten mit dem 68000 in das Amiga-Format umzurechnen, erledigt dies einer der beiden Custom-Chips, der Data Bus Translator, automatisch, in dem er aus einem Grafikdatenwort des PC, das acht Punkte zu je zwei Bit enthält, zwei Bytes macht, die zu den Amiga-Bit-Planes kompatibel sind. Außerdem ist die Reihenfolge, in denen 68000 und 8088 Worte und Langworte im Speicher ablegen, unterschiedlich. Beim 68000 stehen die oberen acht Bits eines Wortes vor den unteren im Speicher. Bei einem Byte-Zugriff liegen sie eine Adresse niedriger als die unteren acht. Gleiches gilt für Langworte. Das Wort mit den höherwertigen 16 Bits liegt eine Wortadresse vor demjenigen mit den niederwertigen. Beim 8088 ist es dagegen genau umgekehrt, das Low-Byte wird vor dem Hi-Byte im Speicher abgelegt. Auch dieses Problem löst der Data Bus Translator.

Bei der Übertragung der Schnittstellendaten wurde ein anderer Weg gewählt. Sämtliche Register der seriellen und der parallelen Schnittstelle (und auch die Steuerregister für die Grafik) wurden im zweiten Custom-Chip, dem Adreß Bus Translator, untergebracht. Dieser macht zwar nicht viel mit diesen Daten, aber er ermöglicht dem Amiga das Lesen und Verarbeiten dieser Werte. Außerdem wird bei einem Zugriff auf bestimmte I/O-Register ein Interrupt im Amiga ausgelöst, so daß dieser die Daten in den Registern bearbeiten kann. Auch für die Tastatur gibt es eine ganz spezielle Emulation. Der PC-Custom-Chip in Abbildung 5.1 enthält unter anderem einen PC-Tastaturanschluß. Eine solche Tastatur überträgt ihre Daten ähnlich wie die Amiga-Tastatur seriell mittels einer Daten- und einer Taktleitung. Statt diese beiden Leitungen des PC-Custom-Chips jetzt aber mit einer Tastatur zu verbinden, führen sie zum Adreß-Bus-Translator-Chip. Will der Amiga einen Tasten-Code an den PC übertragen, schreibt er ihn einfach in ein spezielles Register dieses Chips, welcher ihn dann, genau wie es eine reale IBM-Tastatur tun würde, seriell an den PC-Custom-Chip sendet.

Der wechselseitige Zugriff auf Massenspeicher wie Harddisks und Diskettenlaufwerke läuft lediglich über das Dual-Port-RAM ab. Die entsprechenden Treiber holen dann die Daten statt von einem realen Speichermedium aus diesem RAM bzw. schreiben sie zurück.

Die Aufgaben der beiden Interface-Custom-Chips sind also folgendermaßen verteilt:

Data Bus Translator
- Autokonfiguration (siehe Kapitel 4)
- Umwandlung Datenformat PC -> Amiga

Adreß Bus Translator
- Zugriffssteuerung auf das Dual-Port-RAM und die gemeinsamen I/O-Register.
- Interrupt-Logik zwischen Amiga und PC - I/O- und Grafik-Controller-Register des PC
- Steuerregister, um das Interface vom Amiga aus zu kontrollieren
- Tastaturemulation

Speicherbelegung der PC-Karte von seiten des Amiga

Die Basisadresse der Karte wird durch die Expansion.library festgelegt. Insgesamt belegt sie 512 KByte Adreßraum im Amiga. Will man die Basisadresse der Karte wissen, muß man sich durch die Datenstrukturen der Expansion.library hangeln (Kapitel 4).

Die 512 KByte sind in vier 128-KByte-Blöcke aufgeteilt:

```
Basisadresse+($00000 - $1FFFF):  Byte-Zugriff
Basisadresse+($20000 - $3FFFF):  Wort-Zugriff
Basisadresse+($40000 - $5FFFF):  Grafik-Zugriff
Basisadresse+($60000 - $7FFFF):  I/O-Register-Zugriff
```

Bei den ersten drei Bereichen handelt es sich jedesmal um das Dual-Port-RAM, die Daten sind allerdings unterschiedlich gruppiert.

Aufgeteilt ist das Dual-Port-RAM wie folgt:

```
$00000 - $0FFFF   64 KB  Zwischenspeicher für Disk/Harddisk
$10000 - $17FFF   32 KB  Farbgrafikspeicher
$18000 - $1BFFF   16 KB  Parameter RAM (für Textmodus)
$1C000 - $1CFFF    8 KB  Monochrom Grafikspeicher
$1E000 - $1FFFF    8 KB  I/O Bereich
```

Anhang: Bibliotheksfunktionen im Überblick

Die nun folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über alle verfügbaren Bibliotheken mit ihren Funktionen. Die Tabelle beginnt jeweils als Überschrift mit dem Namen der Bibliothek, in der die folgenden Funktionen liegen.

Diese Funktionen werden jeweils mit ihrem negativen Offset hex und dezimal, ihrem Namen und schließlich ihren Übergabeparameter dargestellt. Die Parameternamen stehen in Klammern hinter dem Funktionsnamen, die zweite Klammer enthält in gleicher Reihenfolge die Register, in denen diese Parameter übergeben werden müssen. Werden keine Parameter benötigt, wird dies durch () angedeutet.

clist.library

-$001E	-30	InitCLPool (cLPool, size)(A0,D0)
-$0024	-36	AllocCList (cLPool)(A1)
-$002A	-42	FreeCList (cList)(A0)
-$0030	-48	FlushCList (cList)(A0)
-$0036	-54	SizeCList (cList)(A0)
-$003C	-60	PutCLChar (cList,byte)(A0,D0)
-$0042	-66	GetCLChar (cList)(A0)
-$0048	-72	UnGetCLChar (cList,byte)(A0,D0)
-$004E	-78	UnPutCLChar (cList)(A0)
-$0054	-84	PutCLWord (cList,word)(A0,D0)
-$005A	-90	GetCLWord (cList)(A0)
-$0060	-96	UnGetCLWord (cList,word)(A0,D0)
-$0066	-102	UnPutCLWord (cList)(A0)
-$006C	-108	PutCLBuf (cList,buffer,length)(A0,A1,D1)
-$0072	-114	GetCLBuf (cList,buffer,maxLength)(A0,A1,D1)
-$0078	-120	MarkCList (cList,offset)(A0,D0)
-$007E	-126	IncrCLMark (cList)(A0)
-$0084	-132	PeekCLMark (cList)(A0)
-$008A	-138	SplitCList (cList)(A0)
-$0090	-144	CopyCList (cList)(A0)
-$0096	-150	SubCList (cList,index,length)(A0,D0,D1)
-$009C	-156	ConcatCList (sourceCList,destCList)(A0,A1)

console.library

-$002A	-42	CDInputHandler (events,device)(A0,A1)
-$0030	-48	RawKeyConvert (events,buffer,length,keyMap) (A0,A1,D1,A2)

diskfont.library

-$001E	-30	OpenDiskFont (textAttr)(A0)
-$0024	-36	AvailFonts (buffer,bufBytes,flags)(A0,D0,D1)

dos.library

-$001E	-30	Open (name,accessMode)(D1,D2)
-$0024	-36	Close (file)(D1)
-$002A	-42	Read (file,buffer,length)(D1,D2,D3)
-$0030	-48	Write (file,buffer,length)(D1,D2,D3)
-$0036	-54	Input ()
-$003C	-60	Output ()
-$0042	-66	Seek (file,position,offset)(D1,D2,D3)
-$0048	-72	DeleteFile (name)(D1)
-$004E	-78	Rename (oldName,newName)(D1,D2)
-$0054	-84	Lock (name,type)(D1,D2)
-$005A	-90	UnLock (lock)(D1)
-$0060	-96	DupLock (lock)(D1)
-$0066	-102	Examine (lock,fileInfoBlock)(D1,D2)
-$006C	-108	ExNext (lock,fileInfoBlock)(D1,D2)
-$0072	-114	Info (lock,parameterBlock)(D1,D2)
-$0078	-120	CreateDir (name)(D1)
-$007E	-126	CurrentDir (lock)(D1)
-$0084	-132	IoErr ()
-$008A	-138	CreateProc (name,pri,segList,stackSize)(D1,D2,D3,D4)
-$0090	-144	Exit (returnCode)(D1)
-$0096	-150	LoadSeg (fileName)(D1)
-$009C	-156	UnLoadSeg (segment)(D1)
-$00A2	-162	GetPacket (wait)(D1)
-$00A8	-168	QueuePacket (packet)(D1)
-$00AE	-174	DeviceProc (name)(D1)
-$00B4	-180	SetComment (name,comment)(D1,D2)
-$00BA	-186	SetProtection (name,mask)(D1,D2)
-$00C0	-192	DateStamp (date)(D1)
-$00C6	-198	Delay (timeout)(D1)
-$00CC	-204	WaitForChar (file,timeout)(D1,D2)
-$00D2	-210	ParentDir (lock)(D1)
-$00D8	-216	IsInteractive (file)(D1)
-$00DE	-222	Execute (string,file,file)(D1,D2,D3)

exec.library

-$001E	-30	Supervisor ()
-$0024	-36	ExitIntr ()
-$002A	-42	Schedule ()
-$0030	-48	Reschedule ()
-$0036	-54	Switch ()
-$003C	-60	Dispatch ()
-$0042	-66	Exception ()
-$0048	-72	InitCode (startClass,version)(D0,D1)
-$004E	-78	InitStruct (initTable,memory,size)(A1,A2,D0)
-$0054	-84	MakeLibrary (funcInit,structInit,libInit,dataSize, codeSize) (A0,A1,A2,D0,D1)
-$005A	-90	MakeFunctions (target,functionArray,funcDispBase) (A0,A1,A2)
-$0060	-96	FindResident (name)(A1)
-$0066	-102	InitResident (resident,segList)(A1,D1)
-$006C	-108	Alert (alertNum,parameters)(D7,A5)
-$0072	-114	Debug ()
-$0078	-120	Disable ()
-$007E	-126	Enable ()
-$0084	-132	Forbid ()

```
-$008A  -138  Permit ()
-$0090  -144  SetSR (newSR,mask)(D0,D1)
-$0096  -150  SuperState ()
-$009C  -156  UserState (sysStack)(D0)
-$00A2  -162  SetIntVector (intNumber,interrupt)(D0,A1)
-$00A8  -168  AddIntServer (intNumber,interrupt)(D0,A1)
-$00AE  -174  RemIntServer (intNumber,interrupt)(D0,A1)
-$00B4  -180  Cause (interrupt)(A1)
-$00BA  -186  Allocate (freeList,byteSize)(A0,D0)
-$00C0  -192  Deallocate (freeList,memoryBlock,byteSize)(A0,A1,D0)
-$00C6  -198  AllocMem (byteSize,requirements)(D0,D1)
-$00CC  -204  AllocAbs (byteSize,location)(D0,A1)
-$00D2  -210  FreeMem (memoryBlock,byteSize)(A1,D0)
-$00D8  -216  AvailMem (requirements)(D1)
-$00DE  -222  AllocEntry (entry)(A0)
-$00E4  -228  FreeEntry (entry)(A0)
-$00EA  -234  Insert (list,node,pred)(A0,A1,A2)
-$00F0  -240  AddHead (list,node)(A0,A1)
-$00F6  -246  AddTail (list,node)(A0,A1)
-$00FC  -252  Remove (node)(A1)
-$0102  -258  RemHead (list)(A0)
-$0108  -264  RemTail (list)(A0)
-$010E  -270  Enqueue (list,node)(A0,A1)
-$0114  -276  FindName (list,name)(A0,A1)
-$011A  -282  AddTask (task,initPC,finalPC)(A1,A2,A3)
-$0120  -288  RemTask (task)(A1)
-$0126  -294  FindTask (name)(A1)
-$012C  -300  SetTaskPri (task,priority)(A1,D0)
-$0132  -306  SetSignal (newSignals,signalSet)(D0,D1)
-$0138  -312  SetExcept (newSignals,signalSet)(D0,D1)
-$013E  -318  Wait (signalSet)(D0)
-$0144  -324  Signal (task,signalSet)(A1,D0)
-$014A  -330  AllocSignal (signalNum)(D0)
-$0150  -336  FreeSignal (signalNum)(D0)
-$0156  -342  AllocTrap (trapNum)(D0)
-$015C  -348  FreeTrap (trapNum)(D0)
-$0162  -354  AddPort (port)(A1)
-$0168  -360  RemPort (port)(A1)
-$016E  -366  PutMsg (port,message)(A0,A1)
-$0174  -372  GetMsg (port)(A0)
-$017A  -378  ReplyMsg (message)(A1)
-$0180  -384  WaitPort (port)(A0)
-$0186  -390  FindPort (name)(A1)
-$018C  -396  AddLibrary (library)(A1)
-$0192  -402  RemLibrary (library)(A1)
-$0198  -408  OldOpenLibrary (libName)(A1)
-$019E  -414  CloseLibrary (library)(A1)
-$01A4  -420  SetFunction (library,funcOffset,funcEntry)(A1,A0,D0)
-$01AA  -426  SumLibrary (library)(A1)
-$01B0  -432  AddDevice (device)(A1)
-$01B6  -438  RemDevice (device)(A1)
-$01BC  -444  OpenDevice (devName,unit,ioRequest,flags)(A0,D0,A1,D1)
-$01C2  -450  CloseDevice (ioRequest)(A1)
-$01C8  -456  DoIO (ioRequest)(A1)
-$01CE  -462  SendIO (ioRequest)(A1)
-$01D4  -468  CheckIO (ioRequest)(A1)
-$01DA  -474  WaitIO (ioRequest)(A1)
-$01E0  -480  AbortIO (ioRequest)(A1)
```

-$01E6	-486	AddRescource (rescource)(A1)
-$01EC	-492	RemRescource (rescource)(A1)
-$01F2	-498	OpenRescource (resName,version)(A1,D0)
-$01F8	-504	RawIOInit ()
-$01FE	-510	RawMayGetChar ()
-$0204	-516	RawPutChar (char)(D0)
-$020A	-522	RawDoFmt ()(A0,A1,A2,A3)
-$0210	-528	GetCC ()
-$0216	-534	TypeOfMem (address)(A1)
-$021C	-540	Procedure (semaport,bidMsg)(A0,A1)
-$0222	-546	Vacate (semaport)(A0)
-$0228	-552	OpenLibrary (libName,version)(A1,D0)
-$022E	-558	InitSemaphore (SignalSemaphore)(A0)
-$0234	-564	ObtainSemaphore (SignalSemaphore)(A0)
-$023A	-570	ReleaseSemaphore (SignalSemaphore)(A0)
-$0240	-576	AttemptSemaphore (SignalSemaphore)A0)
-$0246	-582	ObtainSemaphoreList (List)(A0)
-$024C	-588	ReleaseSemaphoreList (List)(A0)
-$0252	-594	FindSemaphore (SignalSemaphore)(A0)
-$0258	-600	AddSemaphore (SignalSemaphore) (A0) FEHLERHAFT !!!
-$025E	-606	RemSemaphore (SignalSemaphore)(A0)
-$0264	-612	SumKickData (SignalSemaphore)(A0)
-$026A	-618	AddMemList (Size,Attr,Pri,BasePtr,Name)(D0,D1,D2,A0,A1)
-$0270	-624	CopyMem (SourcePtr,DestPtr,Size)(A0,A1,D0)
-$276	-630	CopyMemQuick (SourcePtr,DestPtr,Size)(A0,A1,D0)

graphics.library

-$001E	-30	BltBitMap (srcBitMap,srcX,srcY,destBitMap,destX,destY, sizeX,sizeY,minterm,mask,tempA) (A0,D0,D1,A1,D2,D3,D4, D5,D6,D7,A2)
-$0024	-36	BltTemplate (source,srcX,srcMod,destRastPort,destX,destY, sizeX,sizeY)(A0,D0,D1,A1,D2,D3,D4,D5)
-$002A	-42	ClearEOL (rastPort)(A1)
-$0030	-48	ClearScreen (rastPort)(A1)
-$0036	-54	TextLength (RastPort,string,count)(A1,A0,D0)
-$003C	-60	Text (RastPort,String,count)(A1,A0,D0)
-$0042	-66	SetFont (RAstPortID,textFont)(A1,A0)
-$0048	-72	OpenFont (textAttr)(A0)
-$004E	-78	CloseFont (textFont)(A1)
-$0054	-84	AskSoftStyle (rastPort)(A1)
-$005A	-90	SetSoftStyle (rastPort,style,enable)(A1,D0,D1)
-$0060	-96	AddBob (bob,rastPort)(A0,A1)
-$0066	-102	AddVSprite (vSprite,rastPort)(A0,A1)
-$006C	-108	DoCollision (rastPort)(A1)
-$0072	-114	DrawGList (rastPort,viewPort)(A1,A0)
-$0078	-120	InitGels (dummyHead,dummyTail,GelsInfo)(A0,A1,A2)
-$007E	-126	InitMasks (vSprite)(A0)
-$0084	-132	RemIBob (bob,rastPort,viewPort)(A0,A1,A2)
-$008A	-138	RemVSprite (vSprite)(A0)
-$0090	-144	SetCollision (type,routine,gelsInfo)(D0,A0,A1)
-$0096	-150	SortGList (rastPort)(A1)
-$009C	-156	AddAnimObj (obj,animationKey,rastPort)(A0,A1,A2)
-$00A2	-162	Animate (animationKey,rastPort)(A0,A1)
-$00A8	-168	GetGBuffers (animationObj,rastPort,doubleBuffer) (A0,A1,D0)

```
-$00AE  -174  InitGMasks (animationObj)(A0)
-$00B4  -180  GelsFuncE ()
-$00BA  -186  GelsFuncF ()
-$00C0  -192  LoadRGB4 (viewPort,colors,count)(A0,A1,D0)
-$00C6  -198  InitRastPort (rastPort)(A1)
-$00CC  -204  InitVPort (viewPort)(A0)
-$00D2  -210  MrgCop (view)(A1)
-$00D8  -216  MakeVPort (view,viewPort)(A0,A1)
-$00DE  -222  LoadView (view)(A1)
-$00E4  -228  WaitBlit ()
-$00EA  -234  SetRast (rastPort,color)(A1,D0)
-$00F0  -240  Move (rastPort,x,y)(A1,D0,D1)
-$00F6  -246  Draw (rastPort,x,y)(A1,D0,D1)
-$00FC  -252  AreaMove (rastPort,x,y)(A1,D0,D1)
-$0102  -258  AreaDraw (rastPort,x,y)(A1,D0,D1)
-$0108  -264  AreaEnd (rastPort)(A1)
-$010E  -270  WaitTOF ()
-$0114  -276  QBlit (blit)(A1)
-$011A  -282  InitArea (areaInfo,vectorTable,vectorTableSize)(A0,A1,D0)
-$0120  -288  SetRGB4 (viewPort,index,r,g,b)(A0,D0,D1,D2,D3)
-$0126  -294  QBSBlit (blit)(A1)
-$012C  -300  BltClear (memory,size,flags)(A1,D0,D1)
-$0132  -306  RectFill (rastPort,xl,yl,xu,yu)(A1,D0,D1,D2,D3)
-$0138  -312  BltPattern (rastPort,ras,xl,yl,maxX,maxY,fillBytes)
              (A1,A0,D0,D1,D2,D3,D4)
-$013E  -318  ReadPixel (rastPort,x,y)(A1,D0,D1)
-$0144  -324  WritePixel (rastPort,x,y)(A1,D0,D1)
-$014A  -330  Flood (rastPort,mode,x,y)(A1,D2,D0,D1)
-$0150  -336  PolyDraw (rastPort,count,polyTable)(A1,D0,A0)
-$0156  -342  SetAPen (rastPort,pen)(A1,D0)
-$015C  -348  SetBPen (rastPort,pen)(A1,D0)
-$0162  -354  SetDrMd (rastPort,drawMode)(A1,D0)
-$0168  -360  InitView (view)(A1)
-$016E  -366  CBump (copperList)(A1)
-$0174  -372  CMove (copperList,destination,data)(A1,D0,D1)
-$017A  -378  CWait (copperList,x,y)(A1,D0,D1)
-$0180  -384  VBeamPos ()
-$0186  -390  InitBitMap (bitMap,depth,width,heigth)(A0,D0,D1,D2)
-$018C  -396  ScrollRaster (rastPort,dX,dY,minx,miny,maxx,maxy)(A1,D0,
              D1,D2,D3,D4,D5)
-$0192  -402  WaitBOVP (viewPort)(A0)
-$0198  -408  GetSprite (simpleSprite,num)(A0,D0)
-$019E  -414  FreeSprite (num)(D0)
-$01A4  -420  ChangeSprite (vp,simpleSprite,data)(A0,A1,A2)
-$01AA  -426  MoveSprite (viewPort,simpleSprite,x,y)(A0,A1,D0,D1)
-$01B0  -432  LockLayerRom (layer)(A5)
-$01B6  -438  UnlockLayerRom (layer)(A5)
-$01BC  -444  SyncSBitMap (1)(A0)
-$01C2  -450  CopySBitMap (11,12)(A0,A1)
-$01C8  -456  OwnBlitter ()
-$01CE  -462  DisownBlitter ()
-$01D4  -468  InitTmpRas (tmpras,buff,size)(A0,A1,D0)
-$01DA  -474  AskFont (rastPort,textAttr)(A1,A0)
-$01E0  -480  AddFont (textFont)(A1)
-$01E6  -486  RemFont (textFont)(A1)
-$01EC  -492  AllocRaster (width,heigth)(D0,D1)
-$01F2  -498  FreeRaster (planeptr,width,heigth)(A0,D0,D1)
-$01F8  -504  AndRectRegion (rgn,rect)(A0,A1)
```

```
-$01FE  -510  OrRectRegion (rgn,rect)(A0,A1)
-$0204  -516  NewRegion ()
-$020A  -522  ** reserviert **
-$0210  -528  ClearRegion (rgn)(A0)
-$0216  -534  DisposeRegion (rgn)(A0)
-$021C  -540  FreeVPortCopLists (viewPort)(A0)
-$0222  -546  FreeCopList (coplist)(A0)
-$0228  -552  ClipBlit (srcrp,srcX,srcY,destrp,destX,destY,sizeX,
              sizeY,minterm)(A0,D0,D1,A1,D2,D3,D4,D5,D6)
-$022E  -558  XorRectRegion (rgn,rect)(A0,A1)
-$0234  -564  FreeCprList (cprlist)(A0)
-$023A  -570  GetColorMap (entries)(D0)
-$0240  -576  FreeColorMap (colormap)(A0)
-$0246  -582  GetRGB4 (colormap,entry)(A0,D0)
-$024C  -588  ScrollVPort (vp)(A0)
-$0252  -594  UCopperListInit (copperlist,num)(A0,D0)
-$0258  -600  FreeGBuffers (animationObj,rastPort,
              doubleBuffer)(A0,A1,D0)
-$025E  -606  BltBitMapRastPort (srcbm,srcx,srcy,destrp,destX,destY,
              sizeX,sizeY,minter)(A0,D0,D1,A1,D2,D3,D4,D5,D6)
```

icon.library

```
-$001E  -30   GetWBObject (name)(A0)
-$0024  -36   PutWBObject (name,object)(A0,A1)
-$002A  -42   GetIcon (name,icon,freelist)(A0,A1,A2)
-$0030  -48   PutIcon (name,icon)(A0,A1)
-$0036  -54   FreeFreeList (freelist)(A0)
-$003C  -60   FreeWBObject (WBObject)(A0)
-$0042  -66   AllocWBObject ()
-$0048  -72   AddFreeList (freelist,mem,size)(A0,A1,A2)
-$004E  -78   GetDiskObject (name)(A0)
-$0054  -84   PutDiskObject (name,diskobj)(A0,A1)
-$005A  -90   FreeDiskObj (diskobj)(A0)
-$0060  -96   FindToolType (toolTypeArray,typeName)(A0,A1)
-$0066  -102  MatchToolValue (typeString,value)(A0,A1)
-$006C  -108  BumbRevision (newname,oldname)(A0,A1)
```

intuition.library

```
-$001E  -30   OpenIntuition ()
-$0024  -36   Intuition (ievent)(A0)
-$002A  -42   AddGadget (AddPtr,Gadget,Position)(A0,A1,D0)
-$0030  -48   ClearDMRequest (Window)(A0)
-$0036  -54   ClearMenuStrip (Window)(A0)
-$003C  -60   ClearPointer (Window)(A0)
-$0042  -66   CloseScreen (Screen)(A0)
-$0048  -72   CloseWindow (Window)(A0)
-$004E  -78   CloseWorkBench ()
-$0054  -84   CurrentTime (Seconds,Micros)(A0,A1)
-$005A  -90   DisplayAlert (AlertNumber,String,Height)(D0,A0.D1)
-$0060  -96   DisplayBeep (Screen)(A0)
-$0066  -102  DoubleClick (sseconds,smicros,cseconds,cmicros)
              (D0,D1,D2,D3)
-$006C  -108  DrawBorder (Rport,Border,LeftOffset,TopOffset)
              (A0,A1,D0,D1)
-$0072  -114  DrawImage (RPort,Image,LeftOffset,TopOffset)(A0,A1,D0,D1)
```

```
-$0078  -120  EndRequest (requester,window)(A0,A1)
-$007E  -126  GetDefPrefs (preferences,size)(A0,D0)
-$0084  -132  GetPrefs (preferences,size)(A0,D0)
-$008A  -138  InitRequester (req)(A0)
-$0090  -144  ItemAddress (MenuStrip,MenuNumber)(A0,D0)
-$0096  -150  ModifyIDCMP (Window,Flags)(A0,D0)
-$009C  -156  ModifyProp (Gadget,Ptr,Reg,Flags,HPos,VPos,HBody,VBody)
              (A0,A1,A2,D0,D1,D2,D3,D4)
-$00A2  -162  MoveScreen (Screen,dx,dy)(A0,D0,D1)
-$00A8  -168  MoveWindow (Window,dx,dy)(A0,D0,D1)
-$00AE  -174  OffGadget (Gadget,Ptr,Req)(A0,A1,A2)
-$00B4  -180  OffMenu (Window,MenuNumber)(A0,D0)
-$00BA  -186  OnGadget (Gadget,Ptr,Req)(A0,A1,A2)
-$00C0  -192  OnMenu (Window,MenuNumber)(A0,D0)
-$00C6  -198  OpenScreen (OSArgs)(A0)
-$00CC  -204  OpenWindow (OWArgs)(A0)
-$00D2  -210  OpenWorkBench ()
-$00D8  -216  PrintIText (rp,itext,left,top)(A0,A1,D0,D1)
-$00DE  -222  RefreshGadgets (Gadgets,Ptr,Req)(A0,A1,A2)
-$00E4  -228  RemoveGadgets (RemPtr,Gadget)(A0,A1)
-$00EA  -234  ReportMouse (Window,Boolean)(A0,D0)
-$00F0  -240  Request (Requester,Window)(A0,A1)
-$00F6  -246  ScreenToBack (Screen)(A0)
-$00FC  -252  SCreenToFront (Screen)(A0)
-$0102  -258  SetDMRequest (Window,req)(A0,A1)
-$0108  -264  SetMenuStrip (Window,Menu)(A0,A1)
-$010E  -270  SetPointer (Window,Pointer,Height,Width,XOffset,YOffset)
              (A0,A1,D0,D1,D2,D3)
-$0114  -276  SetWindowTitles (Window,windowTitle,screenTitle)
              (A0,A1,A2)
-$011A  -282  ShowTitle (Screen,ShowIt)(A0,D0)
-$0120  -288  SizeWindow (Window,dx,dy)(A0,D0,D1)
-$0126  -294  ViewAddress ()
-$012C  -300  ViewPortAddress (Window)(A0)
-$0132  -306  WindowToBack (Window)(A0)
-$0138  -312  WindowToFront (Window)(A0)
-$013E  -318  WindowLimits (Window,minwidth,minheight,maxwidth,
              maxheight)(A0,D0,D1,D2,D3)
-$0144  -324  SetPrefs (preferences,size,flag)(A0,D0,D1)
-$014A  -330  IntuiTextLength (itext)(A0)
-$0150  -336  WBenchToBack ()
-$0156  -342  WBenchToFront ()
-$015C  -348  AutoRequest (WIndow,Body,PText,NText,PFlag,NFlag,W,H)
              (A0,A1,A2,A3,D0,D1,D2,D3)
-$0162  -354  BeginRefresh (Window)(A0)
-$0168  -360  BuildSysRequest (Window,Body,PosText,NegText,Flags,W,H)
              (A0,A1,A2,A3,D0,D1,D2)
-$016E  -366  EndRefresh (Window,Complete)(A0,D0)
-$0174  -372  FreeSysRequest (Window)(A0)
-$017A  -378  MakeScreen (Screen)(A0)
-$0180  -384  RemakeDisplay ()
-$0186  -390  RethinkDisplay ()
-$018C  -396  AllocRemember (RememberKey,Size,Flags)(A0,D0,D1)
-$0192  -402  AlohaWorkbench (wbport)(A0)
-$0198  -408  FreeRemember (RememberKey,ReallyForget)(A0,D0)
-$019E  -414  LockIBase (dontknow)(D0)
-$01A4  -420  UnlockIBase (IBLock)(A0)
```

layers.library

```
-$001E   -30   InitLayers (li)(A0)
-$0024   -36   CreateUpfrontLayer (li,bm,x0,y0,x1,y1,flags,bm2)(A0,A1,
               D0,D1,D2,D3,D4,A2)
-$002A   -42   CreateBehindLayer (li,bm,x0,y0,x1,y1,flags,bm2)(A0,A1,D0,
               D1,D2,D3,D4,A2)
-$0030   -48   UpfrontLayer (li,layer)(A0,A1)
-$0036   -54   BehindLayer (li,layer)(A0,A1)
-$003C   -60   MoveLayer (li,layer,dx,dy)(A0,A1,D0,D1)
-$0042   -66   SizeLayer (li,layer,dx,dy)(A0,A1,D0,D1)
-$0048   -72   ScrollLayer (li,layer,dx,dy)(A0,A1,D0,D1)
-$004E   -78   BeginUpdate (layer)(A0)
-$0054   -84   EndUpdate (layer)(A0)
-$005A   -90   DeleteLayer (li,layer)(A0,A1)
-$0060   -96   LockLayer (li,layer)(A0,A1)
-$0066  -102   UnlockLayer (li,layer)(A0,A1)
-$006C  -108   LockLayers (li)(A0)
-$0072  -114   UnlockLayers (li)(A0)
-$0078  -120   LockLayerInfo (li)(A0)
-$007E  -126   SwapBitsRastPortClipRect (rp,cr)(A0,A1)
-$0084  -132   WhichLayer (li,x,y)(A0,D0,D1)
-$008A  -138   UnlockLayerInfo (li)(A0)
-$0090  -144   NewLayerInfo ()
-$0096  -150   DisposeLayerInfo (li)(A0)
-$009C  -156   FattenLayerInfo (li)(A0)
-$00A2  -162   ThinLayerInfo (li)(A0)
-$00A8      -168      MoveLayerInFrontOf   (layer_to_move,layer_to_be_in_front_
               of)(A0,A1)
```

mathffp.library

```
-$001E   -30   SPFix (float)(D0)
-$0024   -36   SPFlt (integer)(D0)
-$002A   -42   SPCmp (leftFloat,rightFloat)(D1,D0)
-$0030   -48   SPTst (float)(D1)
-$0036   -54   SPAbs (float)(D0)
-$003C   -60   SPNeg (float)(D0)
-$0042   -66   SPAdd (leftFloat,rightFloat)(D1,D0)
-$0048   -72   SPSub (leftFloat,rightFloat)(D1,D0)
-$004E   -78   SPMul (leftFloat,rightFloat)(D1,D0)
-$0054   -84   SPDiv (leftFloat,rightFloat)(D1,D0)
```

mathieeedoubbas.library

```
-$001E   -30   IEEEDPFix (integer,integer)(D0,D1)
-$0024   -36   IEEEDPFlt (integer)(D0)
-$002A   -42   IEEEDPCmp (integer,integer,integer,integer)(D0,D1,D2,D3)
-$0030   -48   IEEEDPTst (integer,integer)(D0,D1)
-$0036   -54   IEEEDPAbs (integer,integer)(D0,D1)
-$003C   -60   IEEEDPNeg (integer,integer)(D0,D1)
-$0042   -66   IEEEDPAdd (integer,integer,integer,integer)(D0,D1,D2,D3)
-$0048   -72   IEEEDPSub (integer,integer,integer,integer)(D0,D1,D2,D3)
-$004E   -78   IEEEDPMul (integer,integer,integer,integer)(D0,D1,D2,D3)
-$0054   -84   IEEEDPDiv (integer,integer,integer,integer)(D0,D1,D2,D3)
```

mathtrans.library

```
-$001E    -30   SPAtan (float)(D0)
-$0024    -36   SPSin (float)(D0)
-$002A    -42   SPCos (float)(D0)
-$0030    -48   SPTan (float)(D0)
-$0036    -54   SPSincos (leftFloat,rightFloat)(D1,D0)
-$003C    -60   SPSinh (float)(D0)
-$0042    -66   SPCosh (float)(D0)
-$0048    -72   SPTanh (float)(D0)
-$004E    -78   SPExp (float)(D0)
-$0054    -84   SPLog (float)(D0)
-$005A    -90   SPPow (leftFloat,rightFloat)(D1,D0)
-$0060    -96   SPSqrt (float)(D0)
-$0066   -102   SPTieee (float)(D0)
-$006C   -108   SPFieee (float)(D0)
-$0072   -114   SPAsin (float)(D0)
-$0078   -120   SPAcos (float)(D0)
-$007E   -126   SPLog10 (float)(D0)
```

potgo.library

```
-$0006     -6   AllocPotBits (bits)(D0)
-$000C    -12   FreePotBits (bits)(D0)
-$0012    -18   WritePotgo (word,mask)(D0,D1)
```

timer.library

```
-$002A    -42   AddTime (dest,src)(A0,A1)
-$0030    -48   SubTime (dest,src)(A0,A1)
-$0036    -54   CmpTime (dest,src)(A0,A1)
```

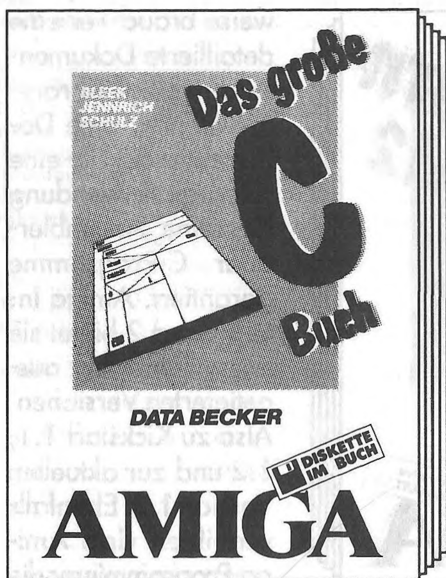
translator.library

```
-$001E          -30          Translate   (inputString,inputLength,outputBuffer,
                bufferSize)(A0,D0,A1,D1)ftg
```

Stichwortverzeichnis

Für alle, die Spaß an C gefunden haben.

Das große C-Buch zum Amiga – ein Buch für alle engagierten Amiga-Anwender, die Spaß an C gefunden haben und nun darauf brennen, eigene, professionelle Programme zu schreiben. Hier erfahren Sie, wie ein C-Compiler arbeitet und wie Sie selbst schwierigste Probleme in C lösen. Ein kleiner Blick ins Inhaltsverzeichnis macht deutlich: Hier finden Sie das Know-how für eine optimale C-Programmierung – Funktionsweise des Aztec-Compilers, Debugging und Optimierung des Assembler-Sources, Sprungtabellen und dynamische Arrays in C, Einbinden von Assembler-Source in den C-Source, alles Wissenswerte zur Intuition-Programmierung und natürlich eine detaillierte Beschreibung der Folder-Technik. Wer mit diesem Buch arbeitet, dem werden in Zukunft bei der Programmierung höchstens nochTippfehler unterlaufen.



Bleek/Jennrich/Schulz
Das große C-Buch zum Amiga
Hardcover, 777 Seiten
inklusive Diskette, DM 69,-

DAS STEHT DRIN:

In der dritten überarbeiteten Auflage finden Sie alles von der Hardware über den Betriebssystemkern EXEC bis zum DOS, alle entscheidenden Informationen zum Amiga. Und zwar so verständlich, daß auch die Nicht-Profis unter Ihnen die Arbeitsweise des Amiga-Betriebssystems schnell verstehen werden.

Aus dem Inhalt:

- Die Chips des Amiga (68000, CIA, Gary, Agnus, Denise, Paula)
- Die Schnittstellen (Video, Audio, RGB, Centronics, seriell, Floppy, Gameport, Expansionsport, Zorro-Bus, Tastatur)
- Programmierung der Hardware (Speicherbelegung, Interrupts, Copper, Blitter, Disk-Controller)
- Strukturen des EXEC (Node, List, Libraries, Tasks)
- Funktion des Multitasking (Task-Switching, Kommunikation zwischen Tasks, Exceptions, Traps, Semaphoren, Speicherverwaltung)
- I/O-Handhabung beim Amiga durch Devices und I/O-Request
- Interrupt-Handhabung und Verwaltung der Ressources
- RESET-feste Programme und Strukturen, Dokumentation der RESET-Routine
- Programmierung eigener Handler, Devices und Libraries
- EXEC-Base (Dokumentation und Nutzung der Systemvariablen)
- DOS-Bibliothek (Funktionen, Parameter, Fehlermeldungen)
- Disketten (Boot-Vorgang, Datenstrukturen, Programmaufbau)
- Fast-Filing-System auf Diskette und Festplatte
- Programmstart, Parameter, Aufruf von CLI und Workbench, detaillierte Beschreibung des internen Aufbaus der CLI-Befehle (Interne DOS-Bibliothek)
- Ein-/Ausgaben (Tastatur, Bildschirm, Diskette, parallele und serielle Schnittstelle)

UND GESCHRIEBEN HABEN DIESES BUCH:

Johannes Schemmel ist Hardware-Spezialist mit der Fähigkeit, Gesamtzusammenhänge verständlich darzustellen. Stefan Dittrich als 68000-Spezialist hat schon mit seinem Buch „Amiga Maschinensprache" dem interessierten Amiga-Anwender gezeigt, welche Fähigkeiten in dem Rechner stecken. Ralf Gelfand ist ausgefuchster Amiga-Programmierer, der spätestens seit dem großen Floppy-Buch zum Amiga ein Begriff ist.

ISB N 3-89011-104-1 DM +069.00

DM 69,–
ÖS 538,–
sFr 67,–

DATA
BECKER